

RISCOS E PERIGOS EM INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS DOMICILIARES E A IMPORTÂNCIA DA SUA NORMATIZAÇÃO

Cristiane Brito Andrade – cristiane.andrade@ufabc.edu.br

Maria Fernanda Côrtes Bastos Maia – maria.maia@ufabc.edu.br

Federico Bernardino Morante Trigo – federico.trigo@ufabc.edu.br

Universidade Federal do ABC – Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas

Programa de Pós-Graduação em Energia

Av. dos Estados, 5001 – Santo André – São Paulo – SP – Brasil – CEP 09210-971

Tel.: +55 11 4996-0101

Resumo. Desde o estabelecimento da obrigatoriedade de universalização do serviço público de energia elétrica, em 2002, as empresas concessionárias de energia passaram a considerar a tecnologia solar fotovoltaica na matriz de opções de geração de eletricidade. Assim, o desafio de levar energia elétrica à população rural, em domicílios onde o preço da energia através da rede é proibitivo, pode ser superado com o uso de Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes (SIGFI's), em grande parte utilizando painéis fotovoltaicos. Estes, por possibilitarem a continuidade do funcionamento dos equipamentos, se enquadram nas exigências da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) previstas na Resolução 083/04. Entretanto, esta ou qualquer outra forma de geração de energia necessita da montagem e manutenção que deve ser feita por profissionais capacitados, em condições mínimas de segurança. Além disso, os usuários, por estarem em constante contato com instalações elétricas possuem a mesma necessidade. Nesse contexto, este trabalho trata sobre os conceitos e normas relacionadas com a segurança das pessoas que estão em contato com a energia elétrica existente nas instalações fotovoltaicas. As discussões estão baseadas em uma pesquisa bibliográfica sobre esta questão e no conhecimento construído ao longo do tempo nos diversos projetos fotovoltaicos implantados no mundo.

Palavras-chave: Instalações Elétricas de Baixa Tensão, Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares, Segurança do Trabalho.

1. INTRODUÇÃO

A partir da criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), de acordo com a Lei nº 10.438 de 26 de abril de 2002, as atenções se voltaram para o uso de fontes menos impactantes como eólica, biomassa e Pequenas Centrais Hidroelétricas. Embora não tenha sido diretamente incentivada, a energia solar fotovoltaica aparece como alternativa (BRASIL, 2002).

No ano seguinte, por meio do Decreto nº 4.873, de 11 de novembro de 2003, foi instituído o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica - "LUZ PARA TODOS", com o intuito de levar o atendimento em energia elétrica à população rural que ainda não possuía acesso a esse serviço público (BRASIL, 2003a). O prazo para atendimento ao Programa era o ano de 2008, entretanto, um novo cronograma foi estabelecido tendo como limite o ano de 2010, conforme Decreto nº 6.442 de 25 de abril de 2008 (BRASIL, 2008).

Por outro lado, a Lei nº 10.762 dá prioridade à tecnologia de rede de baixo custo e, de forma complementar, a sistemas de geração descentralizados com rede isolada e sistemas individuais. Neste contexto, as tecnologias solar ou eólica, ou ainda, a combinação de fontes primárias como solar, eólica, biomassa, hídrica ou diesel são alternativas viáveis (BRASIL, 2003b).

Adicionalmente, com o propósito de estabelecer os procedimentos e as condições de fornecimento por intermédio de Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes – SIGFI, a ANEEL publicou a Resolução Normativa nº 83, em 20 de setembro de 2004 (ANEEL, 2004). Dentre outros aspectos, estabelece as condições gerais de atendimento, assim como as classes de sistemas a serem utilizados denominados SIGFI13, SIGFI30, SIGFI45, SIGFI60 e SIGFI80, com disponibilidade mensal garantida de 13, 30, 45, 60 e 80 kWh, respectivamente. A resolução também estipula, em seu artigo 3º, as características dos SIGFI's quanto à obrigatoriedade do fornecimento. São elas:

- I. O fornecimento da energia elétrica deverá ser em corrente alternada (CA - senoidal), com observância dos níveis de tensão e frequência predominantes no município onde estiver localizada a unidade consumidora e conforme padrões de referência vigente; e
- II. O sistema deverá estar enquadrado em uma das classes de atendimento explicitada.
Sob as condições deste marco legal, algumas ações de eletrificação baseadas no uso da tecnologia solar fotovoltaica estão sendo implementadas no Brasil. É o caso da Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia, Coelba, que realiza atendimento residencial nas áreas rurais utilizando os denominados SIGFI's.

Entretanto, todas as projeções realizadas conduzem a acreditar que em um futuro próximo, a tecnologia fotovoltaica também poderá ser utilizada diretamente nos telhados, fachadas e coberturas das edificações das principais cidades brasileiras. Isso leva a afirmar que de qualquer maneira essa tecnologia irá desempenhar papel importante na constituição da matriz energética do país (Zilles & Rüther, 2010; Morante *et al.* 2008)

Obviamente, todas essas condições relacionadas com a expansão do uso da tecnologia solar fotovoltaica no Brasil aumentam a importância da segurança dos usuários e instaladores. Diante de tais possibilidades, a percepção da importância da normatização nas instalações elétricas é ressaltada para a prevenção de riscos elétricos. Assim como as instalações elétricas tradicionais, os sistemas fotovoltaicos também estão sujeitos ao mesmo conjunto de normas com o intuito de garantir a segurança de pessoas e o adequado funcionamento da instalação, uma vez que seu objetivo é o cuidado para diminuir os riscos presentes na instalação, na manutenção e na operação destes sistemas.

Embora o conjunto de normas, até então, seja praticamente o mesmo para as instalações elétricas tradicionais e para os sistemas fotovoltaicos, a capacidade de avaliar situações de risco ou a percepção do risco é influenciada pela experiência individual sobre o funcionamento do sistema (Guilam, 1996 *apud* Fischer e Guimarães, 2002). No caso dos SIGFI's instalados, as pessoas beneficiadas geralmente têm experiência limitada, dado o pouco contato com energia elétrica ao longo de suas vidas.

Um outro fator de exposição ao risco presente nestes trabalhos diz respeito à mão de obra utilizada no momento da instalação, operação e manutenção dos sistemas. Por diversos motivos, a maioria dos projetos não se preocupa com a formação de pessoal especializado nem com a criação de uma rede de assistência técnica e de manutenção para a tecnologia fotovoltaica (Zilles *et al.*, 2009). Essa ausência de capacitação e treinamento, além de levar a insucessos e ao conseqüente descrédito da tecnologia fotovoltaica pode vir a se tornar um perigo potencial para usuários e trabalhadores, uma vez que, apesar de terem conhecimentos básicos sobre instalações elétricas de baixa tensão, geralmente não conhecem as especificidades dos sistemas fotovoltaicos.

Se grandes corporações coexistem com a dificuldade de garantir o cumprimento das normas de segurança, mesmo quando seu quadro de colaboradores é treinado e capacitado, o que dizer de usuários que desconhecem o funcionamento dos equipamentos, nunca estiveram expostos ao perigo e, conseqüentemente, os riscos e suas manifestações são mal conhecidas?

Em muitos casos o perigo e o risco só são identificados depois de ocorrido um acidente ou incidente. Por outro lado Almeida e Baumecker (2004) salientam que identificar os problemas na forma de risco é mais difícil quando as pessoas já desenvolveram confiança no sistema.

Dentro deste contexto o treinamento dos usuários dos sistemas fotovoltaicos, realizado antes do início da operação, é uma ferramenta de suma importância para garantir o funcionamento seguro do sistema e a segurança das pessoas. No entanto, este treinamento não deve se restringir ao cumprimento de regras e sim de maneira sistêmica adotar procedimentos simultâneos (Almeida e Baumecker, 2004) de maneira a minimizar os riscos da operação.

Assim, o intuito deste trabalho é apresentar a problemática relacionada com os perigos e potenciais de risco a partir do trabalho de instalação até a utilização feita pela "unidade consumidora". Esta é definida pela Resolução ANEEL, nº 83 de 2004, em seu artigo 2º, como o conjunto de instalações e equipamentos elétricos caracterizado pelo recebimento de energia elétrica em um só ponto de entrega, com medição individualizada e correspondente a um único consumidor. Já o "Ponto de entrega" é onde se dá a conexão do SIGFI com as instalações elétricas da unidade consumidora, ou seja, na saída do inversor, o que o caracteriza como o limite de responsabilidade do fornecimento, portanto da concessionária (ANEEL, 2004). A referência para análise dos perigos inerentes ao uso de sistemas fotovoltaicos será, portanto, mais abrangente que o limite de responsabilidade da concessionária.

Para a realização deste trabalho foram consultadas a legislação vigente e as normas técnicas existentes, bem como a utilização das orientações dos fabricantes e as experiências relatadas em outros trabalhos.

2. CONCEITUALIZAÇÃO DA SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS

Para esclarecer a importância da normatização das instalações fotovoltaicas é necessário apresentar o conceito de risco. Existe uma certa dificuldade em conceituar risco e perigo, uma vez que são termos freqüentemente confundidos. Enquanto perigo é uma fonte potencial de dano, seja ele pessoal, das instalações ou do meio ambiente, o risco é, segundo Hammer (1993 *apud* Alberton, 1996), a probabilidade da ocorrência de um evento adverso.

Para ilustrar essa diferença, num almoxarifado a presença de um frasco contendo ácido cianídrico inadequadamente armazenado constitui uma situação de alto risco, sendo o perigo a simples presença do ácido cianídrico. Assim, com objetivo de diminuir a probabilidade da ocorrência do evento adverso, o respeito às normas é condição essencial. Neste contexto, deve ser dada atenção ao usuário e ao equipamento.

Do ponto de vista do usuário deve-se considerar a instalação, a operação e a manutenção dos equipamentos sempre com o enfoque nas normas. Do ponto de vista do equipamento, deve-se considerar os requisitos construtivos que os tornam adequados à operação os quais são avaliados através de uma certificação que, no Brasil, é regulamentada pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO através do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE).

Como, geralmente, os locais de instalação dos sistemas fotovoltaicos domiciliares são distantes e de difícil acesso, recomenda-se que sejam previamente preparados os componentes que já puderem ser montados, além de uma cautelosa inspeção para evitar que algum material, ferramenta ou equipamento necessário durante a realização do serviço seja

esquecido (GTES–CEPEL–CRESESB, 1999). Já nas atividades de instalação nas áreas urbanas isto pode ser contornado sem muitas dificuldades devido às inerentes facilidades encontradas nas cidades.

Dentro do possível, no local da instalação o auxiliar técnico deve cumprir os procedimentos de segurança pessoal. Entre eles está incluído o uso dos Equipamentos de Proteção Individual – EPI’s e Equipamentos de Proteção Coletiva – EPC’s, conforme Norma Regulamentadora NR06 e NR10, respectivamente. O uso de vestimenta e equipamentos de segurança adequados evita ou diminui o risco de ataques por insetos e animais peçonhentos (MTE–BRASIL, 2004 *apud* Lourenço *et al*, 2007) assim como a exposição à radiação não-ionizante do Sol. Esta pode causar queimaduras, lesões nos olhos, câncer de pele e outras doenças provocadas pelos raios ultravioleta (Gonçalves, 2003 *apud* Lourenço *et al*, 2007). Uma outra medida, preventiva, também importante para a qualidade da instalação é que o trabalho seja realizado por, no mínimo, duas pessoas (ABNT, 2004).

Devido à grande confiabilidade, os sistemas fotovoltaicos exigem pouca manutenção. Procedimentos para uma manutenção preventiva consistem basicamente na limpeza periódica dos módulos e da verificação da capacidade de carga das baterias, que podem ser realizadas pelos usuários. Já os procedimentos de manutenção corretiva, por exigirem conhecimentos mais profundos, devem ser realizados por pessoas capacitadas. Evidentemente, em ambos tipos de manutenção é muito importante levar em consideração os procedimentos mais seguros que possam evitar a exposição aos perigos existentes.

Levando em conta todos estes aspectos, nos quadros 1, 2, e 3 foram listados alguns dos possíveis riscos e perigos durante a manipulação de sistemas fotovoltaicos, além de medidas preventivas sugeridas nas normas NR 10 e NBR 5410 a serem comentadas mais adiante. De forma adicional foram utilizadas orientações das empresas que vendem e instalam sistemas fotovoltaicos assim como de algumas concessionárias de energia elétrica. Também foram levadas em conta as sugestões para procedimentos durante a instalação, inspeção e manutenção descritas no Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio da Silva Brito – CRESESB.

Quadro 1. Possíveis riscos e perigos nos sistemas fotovoltaicos domiciliares durante a instalação.

PERIGOS	RISCOS	FATORES DE RISCO	MEDIDAS PREVENTIVAS
Energia elétrica	Choque elétrico	Falta de conhecimentos	As instalações fotovoltaicas devem ser realizadas por pessoas que possuam conhecimentos técnicos sobre a tecnologia, a energia elétrica, seus perigos e segurança.
		Manipulação das baterias eletroquímicas sem os devidos cuidados	Instalar chaves ou disjuntores para proteger os circuitos e tomar cuidados com a polaridade das baterias.
		Contato com superfícies metálicas dos equipamentos ou do sistema	Manipulação cuidadosa dos terminais das baterias evitando o curto-circuito com ferramentas metálicas. Aterramento dos equipamentos, molduras dos módulos fotovoltaicos e de todo metal que possa ser tocado. Instalação de dispositivos de proteção tais como os interruptores diferenciais.
	Choque elétrico e/ou queimaduras	Sobretensão	Escolher controladores de carga e inversores que possuam proteções adequadas e realizar a verificação final da fiação, conexões e polaridade antes da entrada em operação do sistema fotovoltaico.
		Inversão de polaridade	
		Inversão na seqüência de conexão bateria-módulo	
		Curto-circuito	
Eletrólito das baterias de chumbo-ácido	Queimaduras	Contato com o eletrólito	Manipular as baterias utilizando luvas e protetores oculares evitando o contato direto com o eletrólito. Ter água fresca e sabão facilmente acessíveis ou ainda bicarbonato de sódio, em caso de derramar o ácido no corpo.
Ferramentas cortantes	Cortes e ferimentos	Uso de ferramentas inadequadas para corte de cabos e fios	Escolha adequada das ferramentas e instrução correta do seu uso.
Altura	Quedas	Subir telhados e outras construções sem os devidos cuidados	Utilizar escadas e equipamentos auxiliares para trabalhar em paredes elevadas, postes ou telhados.
			Utilizar EPI’s Não trabalhar sozinho
	Ferimentos	Queda de ferramentas, acessórios ou equipamentos fotovoltaicos.	Utilizar EPI’s e elementos de fixação que evitem esses acidentes.

Quadro 2. Possíveis riscos e perigos nos sistemas fotovoltaicos domiciliares durante a operação e/ou utilização.

PERIGOS	RISCOS	FATORES DE RISCO	MEDIDAS PREVENTIVAS
<i>TÉCNICOS OU DEMAIS PESSOAS AUTORIZADAS (inspeção e reparos)</i>			
Energia elétrica	Choque elétrico	Falta, falha ou remoção dos dispositivos de proteção dos circuitos elétricos	Verificar o funcionamento correto dos elementos de proteção dos equipamentos fotovoltaicos.
		Trabalhar com sistema ligado	Desligar corretamente os circuitos elétricos do sistema fotovoltaico antes de um possível reparo.
Eletrólito das baterias de chumbo-ácido	Queimaduras	Derramamento de eletrólito durante a medição da sua densidade	Utilizar luvas e protetores oculares e ter água fresca e sabão facilmente acessíveis ou ainda bicarbonato de sódio, em caso de contato direto com o ácido no corpo.
Combinação do gás Hidrogênio com corrente elétrica	Queimaduras e ferimentos	Explosão de baterias	Recinto de baterias razoavelmente ventilado para evitar acúmulo do gás Hidrogênio produzido durante as reações químicas de carga e descarga.
			Evitar produção de faíscas e manter chamas descobertas longe do setor das baterias.
<i>USUÁRIOS</i>			
Energia elétrica	Choque elétrico	Emendas e contatos mal realizados	Realizar uma boa instalação elétrica e, eventualmente, refazer as emendas soltas e apertar regularmente os contatos de terminais.
			Periodicamente revisar as instalações elétricas da casa.
			Não usar fusíveis de capacidade acima da indicada.
			Não colocar arames ou fios de cobre no lugar de fusíveis.
		Fios sem isolamento	Usar disjuntores apropriados e realizar o aterramento de forma adequada.
			Evitar tocar em fios desencapados.
		Fios soltos sobre as superfícies da habitação	Evitar a manipulação da fiação, tomadas, equipamentos e acessórios com as mãos, roupas ou calçados molhados ou diretamente em contato com a água.
			A fiação elétrica deve ser embutida em eletrodutos ou fixada de forma adequada com grampos ou roldanas ficando fora do alcance de pessoas.
		Equipamentos e tomadas não protegidas	Desligar disjuntores sempre que for mexer na rede elétrica da casa.
			Colocar protetores nas tomadas para prevenir choques em crianças.
Nunca puxe pelo fio ao desligar aparelho da tomada.			
Contato com baterias	Nunca mexer em conexões e fios durante o funcionamento de aparelhos e eletrodomésticos.		
	Instalar baterias em local afastado do interior da casa evitando o contato direto do usuário com os terminais e cabos utilizados.		
Extensões	Curto-circuito e incêndios	Dois ou mais equipamentos ligados numa mesma tomada	Evitar uso de extensões e benjamins que facilitem ligar vários aparelhos na mesma tomada.
Combustíveis	Incêndios e queimaduras	Material combustível próximos às instalações elétricas	Manter recipientes que contenham líquidos inflamáveis e materiais combustíveis afastados das instalações elétricas.
Motores	Cortes e ferimentos	Partes móveis de eletrodomésticos	Não deixar ventiladores ligados ao alcance de crianças e tomar cuidado com o uso de eletrodomésticos que utilizam motores.
Descargas atmosféricas	Incêndios, queimaduras e ferimentos	Explosão de baterias	Instalar sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (para-raios).

Quadro 3. Possíveis riscos e perigos nos sistemas fotovoltaicos domiciliares durante a manutenção.

PERIGOS	RISCOS	FATORES DE RISCO	MEDIDAS PREVENTIVAS
Energia elétrica	Choque elétrico	Manutenção feita por pessoa não qualificada	Capacitar técnicos locais para manutenção básica e técnicos com conhecimentos mais especializados para solucionar problemas complexos, orientando os usuários sobre os riscos da manipulação dos sistemas.
		Corrente elétrica proveniente dos módulos fotovoltaicos	Desligar circuitos e trabalhar com luvas e calçados isolantes além de utilizar ferramentas adequadas.
		Contato com partes "vivas" do circuito ou pontos de aterramento	Usar luvas e calçados isolantes junto com ferramentas adequadas.
		Presença de corrente durante trabalhos em quadro elétrico	Garantir que os módulos fotovoltaicos e baterias estejam desligados.
	Choque elétrico e queimaduras	Aproximação das ferramentas quando em contato com os terminais das baterias	Isolar as extremidades de empunhadura das ferramentas metálicas, que devem ser menores que a distância entre os terminais, com fita ou revestimento não condutivo.
Combinação do gás Hidrogênio com corrente elétrica	Explosão de baterias	Falta de ventilação no compartimento das baterias	As baterias devem ficar em compartimentos apropriados na parte externa das habitações com boa ventilação para evitar acúmulo de gás Hidrogênio, produzido durante as reações químicas de carga e descarga.
Eletrólito das baterias de chumbo-ácido	Queimaduras	Respingo do ácido sulfúrico no corpo	Durante a manutenção das baterias os técnicos devem utilizar protetores para os olhos e face e luvas de borracha.
			Disponibilizar água fresca e sabão facilmente acessíveis ou ainda bicarbonato de sódio, em caso de contato direto com o ácido no corpo.

As informações contidas nos quadros mostram que um dos principais riscos ligados às instalações elétricas é o do choque elétrico. Segundo Kildermann (1995, *apud* Lourenço *et al*, 2007) choque elétrico é o efeito patofisiológico resultante da passagem de uma corrente elétrica através do corpo de uma pessoa ou de um animal, que dependendo do tempo e da intensidade da exposição, poderá ser fatal. Seus principais efeitos no corpo humano são a tetanização como resultado da contração muscular na sua capacidade máxima, de modo que qualquer aumento adicional na frequência de estimulação não exerça novos efeitos (Guyton & Hall, 2002 *apud* Lourenço *et al*, 2007). Outros efeitos são a fibrilação ventricular caracterizada pela arritmia cardíaca, que, se superior a três minutos, se torna letal; a parada cardiorrespiratória e as queimaduras (Garcia, 2002 *apud* Lourenço *et al*, 2007).

Do anterior se depreende que o passo da corrente elétrica pelo corpo deve ser interrompido o mais rápido possível para não atingir as áreas de risco que provocariam uma parada cardíaca com grande possibilidade de morte. Atualmente existem dispositivos eletromecânicos que realizam essa função tal como o mencionado interruptor diferencial. Este dispositivo de proteção elétrica resguarda instalações e usuários contra acidentes causados por falhas nos equipamentos elétricos ou com a rede elétrica.

O interruptor diferencial atua desenergizando o circuito quando ocorre fuga de corrente à terra ocasionada por algum equipamento defeituoso ou por um contato acidental com algum elemento da instalação, capaz de pôr em risco os usuários. O interruptor, neste caso, abre a alimentação do circuito de forma instantânea. De forma mais clara, caso uma pessoa faça contato com uma parte ativa do circuito, o interruptor diferencial desconectará a instalação num tempo suficientemente curto como para não provocar danos graves.

Outro aspecto fundamental que deve ser ressaltado é que todos estes perigos e riscos ficarão mais acentuados na medida em que as instalações fotovoltaicas se incrementem. A intensificação do uso desses sistemas, que por sua vez guarda relação com a produção a grande escala e o aumento do mercado fotovoltaico, inerentemente levam ao envolvimento cada vez maior de pessoas. Isso inclui fundamentalmente técnicos e usuários. Diante dessa realidade, é muito evidente a necessidade de levar em conta as questões relacionadas com a segurança das pessoas. Felizmente, tanto no âmbito nacional quanto internacional, houve avanços na legislação relacionada com esse tema, assunto que será tratado a seguir.

3. NORMAS/INSTRUÇÕES/REGULAMENTOS RELACIONADOS COM A SEGURANÇA

A partir de uma busca de informações sobre aspectos de segurança das instalações fotovoltaicas foi possível identificar as normas/instruções/regulamentos/manuais relacionados a este tema. No entanto, afirmar que foram consideradas todas as possíveis normas relacionadas à segurança destes sistemas seria uma afirmação falsa. Assim, fica

aberta a possibilidade de normas aqui não citadas poderem tratar, mesmo que indiretamente (não se autodenominando “para sistemas fotovoltaicos”), da segurança dos sistemas fotovoltaicos. Sendo assim, nesta secção foi realizado o simples exercício de resumir as principais normas elaboradas por instituições de reconhecida competência.

3.1 Universal Technical Standard for Solar Home Systems

As recomendações consignadas no importante documento *Universal Technical Standard for Solar Home Systems* é o resultado de um trabalho patrocinado pela Comissão Européia denominado Thermie B: SUP-995-96 (EUROPEAN COMMISSION, 1998). A preparação do relatório final envolveu diversas instituições e pessoas que atuam na difusão da tecnologia fotovoltaica. Para isso houve uma ampla revisão das normas técnicas existentes no mundo e, além disso, foi assimilado o aprendizado obtido em múltiplos projetos fotovoltaicos implantados em diversas áreas rurais do Planeta.

Se bem o documento incide fundamentalmente nas recomendações para a escolha, dimensionamento e utilização de geradores fotovoltaicos, estruturas de suporte, baterias de chumbo-ácido, controladores de carga, equipamentos de usos finais e acessórios para instalações elétricas (cabos, interruptores, caixas de conexão, etc.), tudo isso se reflete de forma direta na segurança das pessoas. Isso porque as letras C (compulsório), R (recomendado) e S (sugerido), que aparecem nas especificações do documento, atuam como medidas a serem levadas em conta, em maior ou menor grau, pelos fabricantes, técnicos e usuários.

Com efeito, o item 2.2 deste documento trata especificamente sobre a segurança em sistemas fotovoltaicos ressaltando que, embora se trabalhe em baixa tensão, existe o problema do uso de baterias eletroquímicas (EUROPEAN COMMISSION, 1998: 30-31). Assim, como medidas de segurança mencionam-se os seguintes aspectos:

- ✓ Tanto a bateria quanto o controlador de carga devem contar com proteção para sobre corrente e corrente de curto-circuito utilizando fusíveis, diodos, etc. colocados na linha do gerador fotovoltaico e da carga.
- ✓ A bateria deve estar localizada em um local ventilado e com restrições de acesso.
- ✓ Devem ser tomadas medidas adequadas para evitar acidentes de curto-circuito nos terminais da bateria.
- ✓ Em regiões submetidas a fortes tempestades deve ser providenciado o isolamento manual (chaves) dos pólos positivo e negativo na linha do gerador fotovoltaico. Dessa maneira, quando há incidência de descargas atmosféricas, é possível isolar o gerador.
- ✓ Para evitar o choque elétrico na troca de lâmpadas fluorescentes, os eletrodos dos reatores nunca devem ser conectados aos dispositivos de iluminação.

Pretende-se com este procedimento garantir a segurança dos envolvidos ou pelo menos a minimização dos riscos inerentes à utilização, em especial das baterias.

3.2 International Electrotechnical Commission – IEC

IEC 60364-7-712. A *International Electrotechnical Commission* (IEC) ou Comissão Eletrotécnica Internacional, criada em 26 de junho de 1906 em Londres, atualmente com sede em Genebra, Suíça, é uma organização internacional de padronização de tecnologias elétricas, eletrônicas e afins, que servem como base para padronizações nacionais e como referência na elaboração de propostas e contratos internacionais. Além disso, tem relação com a *International Organization for Standardization* (ISO) ou Organização Internacional de Normalização, em consonância com as condições determinadas por acordo entre elas. Entretanto, um país que a adotar como referência precisa adequar-se com requisitos para projetos locais.

A IEC 60364 é uma coleção de documentos que define os princípios fundamentais, práticas e requisitos de desempenho que refletem o conceito europeu de cabos e sistemas de distribuição (NEMA, 1999). A norma Internacional 60364-7-712, cuja primeira edição foi lançada para o período de 2002 a 2005, foi preparada pela comissão técnica IEC 64, responsável por instalações elétricas e proteção contra choques elétricos. Ela integra a norma para Instalações Elétricas das edificações, em que traz no item 7-712 os *Requisitos para instalações ou localizações especiais - Sistemas de abastecimento com energia solar fotovoltaica (Solar photovoltaic – PV)*, que inclui fornecimento de energia em Corrente Alternada (CA).

Os documentos do IEC 60364 são organizados por funções. Além disso, ele trata de instalações com até 1000 V de tensão. As funções, ou partes, que mais se relacionam com segurança das instalações com energia solar fotovoltaica são (IEC, 2002):

Parte 4: Trata de perigos como choque elétrico, por meio do contato direto e indireto; efeito térmico, sobrecorrente para condutores e cabos, sobretensão, subtensão, isolamento, aplicação de medidas de proteção e escolha das medidas de proteção em influências extremas.

Parte 5: trata da seleção e montagem de equipamentos elétricos. Ele contém regras comuns, interruptores, tensão, aterramento e condutores de proteção, outros equipamentos e serviços de segurança.

Parte 7: Requisitos para instalações especiais, tais como banheiros, piscinas, aquecedores de sauna, construção civil, instalações agrícolas, requisitos para aterramento na instalação de equipamento de informática. Inclui na seção 712 aspectos ligados à proteção para a segurança, entre eles proteção contra contatos diretos e indiretos, falha de proteção, proteção contra sobrecarga em corrente contínua, proteção contra correntes de curto-circuito, proteção contra interferências eletromagnéticas em edificações. Neste caso, as que recebem tecnologia solar fotovoltaica.

3.3 Institute of Electrical and Electronics Engineers – IEEE

IEEE Std 937-2000. Estas recomendações estão dirigidas à instalação e manutenção de baterias de chumbo-ácido utilizadas em sistemas fotovoltaicos (IEEE, 2000). Estas normas foram aprovadas em 30 de março de 2000, no entanto, estão em constante atualização. Assim por exemplo, em 2007 houve uma revisão onde se propuseram algumas questões relacionadas fundamentalmente com os requisitos para baterias utilizadas em sistemas fotovoltaicos levando em conta as diferenças com as baterias estacionárias (McNutt & Nispel, 2007).

Os aspectos tratados na *IEEE Std 937-2000* além de abranger questões de instalação e manutenção associadas com as baterias de chumbo-ácido em sistemas fotovoltaicos, também discorrem sobre precauções de segurança. Dentre os itens e informações citadas, será listado o que é referente a este trabalho, dado o potencial de exposição ao risco causado pelas baterias de chumbo-ácido utilizadas em sistemas fotovoltaicos.

O item 4 da norma trata especificamente sobre a segurança. Recomenda-se que práticas de segurança devem ser seguidas durante a instalação e manutenção da bateria. De acordo com isso, o trabalho realizado em baterias deve ser feito com as ferramentas adequadas e equipamentos de proteção e a instalação deve ser realizada ou supervisionada por pessoal qualificado e seguir as precauções de segurança necessárias. Assim, os equipamentos de proteção recomendados para um manuseio seguro das baterias de chumbo-ácido e proteção das pessoas envolvidas são:

- a) Completa proteção para os olhos, como óculos de proteção ou viseira.
- b) O vestuário de proteção, incluindo luvas resistentes aos ácidos, aventais e botas de borracha.
- c) Água disponível para lavagem do corpo ou dos olhos.
- d) Um agente neutralizante adequado para o ácido sulfúrico, usado como eletrólito, como bicarbonato de sódio.
- e) Um dispositivo de elevação de capacidade suficiente.
- f) Ferramentas com cabos isolados adequadamente.
- g) Um extintor de incêndio classe C, indicado para equipamentos elétricos energizados.

Também são listados procedimentos para garantir a segurança em relação aos riscos e perigos inerentes à utilização das baterias. Ressalta-se o manuseio do eletrólito e se recomenda não utilizar seu recipiente já que são considerados resíduos perigosos que devem ser tratados em conformidade.

No referente aos riscos elétricos (choque elétrico), recomenda-se: a) remover relógios, anéis ou outros objetos metálicos; b) usar luvas de borracha ou plástico e botas; c) usar ferramentas com cabos isolados; d) desligar a fonte de carga antes de abrir ou fechar quaisquer outras conexões da bateria e, finalmente, e) verificar se a bateria está inadvertidamente aterrada e, em caso afirmativo, remover a(s) fonte(s) do terreno (por exemplo, eletrólito derramado). O contato com qualquer caminho que seja eletricamente condutor para uma bateria aterrada pode resultar em choque elétrico, o risco de choque pode ser reduzido se as fontes sem advertência são removidas. Para evitar os riscos de Incêndio (geração de gás Hidrogênio e produção de altas correntes), recomenda-se:

- a) Providenciar ventilação do recinto onde ela esteja armazenada afim de que a concentração de hidrogênio seja limitada a menos de 2% em volume. Além disso, o recinto deve ser projetado de modo que os gases inflamáveis ou perigosos expelidos não provoquem um aquecimento, resfriamento, ou se dispersem para um sistema de ventilação que serve uma área habitável.
- b) Proibir o fumo no local onde ficará a bateria.
- c) Manter a área da bateria livre de chamas e arcos voltaicos.
- d) Descarregar a eletricidade estática do corpo antes de tocar bateria, primeiro tocando uma superfície metálica aterrada.
- e) Usar aberturas anti fogo se o projeto permitir.
- f) Manter a bateria e as conexões sob manutenção regular.
- g) Seguir os procedimentos de instalação adequados os quais são mencionados de forma detalhada no item 6 da norma.
- h) A utilização de dispositivos auxiliares, como recombinadores de hidrogênio ou extintores de incêndio, deve estar em estrita conformidade com as recomendações do fabricante da bateria.

Sobre o tratamento dos riscos, a norma recomenda assegurar que todas as aberturas das células estejam tampadas e, além disso, evitar a inclinação excessiva das células que poderia resultar em derramamento de eletrólito. Outras recomendações dizem respeito a assegurar a livre saída do local onde está a bateria, impedir o acesso não autorizado à área da bateria e manter a parte superior da bateria livre de todas as ferramentas e outros objetos estranhos em todos os momentos.

O item 7 da Norma trata sobre a manutenção a qual deve estar dirigida a prolongar a vida útil de uma bateria e ajudar a garantir que ela seja capaz de satisfazer as exigências do projeto. Um bom programa de manutenção da bateria deve servir como uma preciosa ajuda na determinação da necessidade de substituição da bateria. Apenas as pessoas que estejam familiarizadas com a instalação, carregamento e os procedimentos de manutenção da bateria devem ter o acesso ao local onde está a bateria. As práticas de segurança do item 4 devem ser seguidas.

Finalmente, a norma recomenda que os resultados de todas as inspeções devem ser registrados. Registros adequados da bateria (procedimentos de manutenção anteriores, problemas ambientais, falhas do sistema e quaisquer ações corretivas feitas anteriormente) são auxílios inestimáveis para determinar as condições da bateria. É preferível que todas as inspeções sejam feitas em uma bateria totalmente carregada. Também recomenda-se registros iniciais, feitos no momento em que a bateria é colocada em serviço; mensais; trimestrais e anuais. Eventualmente, podem

ocorrer inspeções especiais, caso a bateria apresente condições anormais (como descargas severas, sobrecarga ou temperatura imprevista).

3.4 Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO/Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC

Regulamentos Técnicos Metrológicos e de Avaliação da Conformidade – RAC. Inicialmente instituiu a etiquetagem voluntária de sistemas e equipamentos para energia fotovoltaica, no âmbito do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade, conforme RAC 1384, publicado através da Portaria nº 396, de 10 de novembro de 2008 (INMETRO–MDIC, 2008). Posteriormente, através da Portaria nº 211, de 10 de julho de 2009, RAC 1474, foi aberto consulta pública com proposta de texto para Portaria Definitiva a fim de instituir a etiquetagem compulsória de tais sistemas (INMETRO–MDIC, 2009).

Foi considerada nestes casos a necessidade do estabelecimento dos requisitos mínimos de desempenho e segurança em sistemas e equipamentos para energia fotovoltaica (módulo, controlador de carga, inversor e bateria). Esses devem atender aos requisitos do Programa Brasileiro de Etiquetagem, PBE (INMETRO–MDIC, 2009). Embora, até o momento somente esteja em vigência a certificação voluntária (ainda não há compulsoriedade de adesão ao programa) acredita-se que, uma vez classificado, o fabricante tenderá a buscar a otimização energética continuamente, o que pode transformar este investimento em vantagem mercadológica direcionada ao consumo energético.

Apesar de existirem produtos compulsoriamente avaliados quanto à conformidade pelos laboratórios acreditados pelo INMETRO, os componentes desses sistemas fazem parte da lista de certificação voluntária, atualizada em outubro de 2009. Um de seus objetivos é instituir, de forma compulsória, a etiquetagem de sistemas e equipamentos para energia fotovoltaica, estipulando até o dia 1º de janeiro de 2010 o prazo para adequação da fabricação ou importação e 1º de janeiro de 2011 para comercialização por fabricantes, importadores, varejistas, atacadistas, distribuidores e lojistas (INMETRO–MDIC, 2009).

Do ponto de vista de segurança, a inclusão dos sistemas fotovoltaicos na certificação compulsória certamente aumentará a segurança dos sistemas, no entanto, fica subentendido que a transição dependerá do histórico de acidentes relacionados à instalação, manutenção e operação destes sistemas, além de outros eventos relevantes.

Dentre os procedimentos de ensaios para fins de etiquetagem previstos no RAC 1474 foram avaliados os itens que possuem relação direta com a segurança dos sistemas fotovoltaicos (INMETRO–MDIC, 2009). São eles:

Módulos:

- ✓ Isolamento elétrico
- ✓ Robustez dos conectores
- ✓ Torção
- ✓ Resistência mecânica

Controladores de carga/descarga:

- ✓ Sobretensão
- ✓ Inversão de polaridade
- ✓ Inversão na seqüência de conexão bateria- módulo
- ✓ Curto-circuito

Inversores:

- ✓ Inversão de polaridade
- ✓ Curto-circuito

Com relação a este tema, algumas instituições foram credenciadas pelo INMETRO para realizar os ensaios de desempenho e qualidade de equipamentos fotovoltaicos e emitir a certificação correspondente. Para isso foram estabelecidos critérios para o desenvolvimento de um programa de avaliação da conformidade de módulos fotovoltaicos, controladores, inversores e baterias existindo requisitos de avaliação de conformidade (Mocelin *et al*, 2009).

Tanto o PBE como Programa de Conformidade enfocam o aspecto construtivo dos equipamentos, mas é preciso ter em mente que uma vez assegurada a qualidade dos equipamentos minimizam-se riscos de acidentes relacionados ao mau funcionamento destes, à medida que o consumidor é protegido quanto à saúde, segurança e meio ambiente.

3.5 Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT

Norma Brasileira NBR - 5410. Como já foi mencionado, seu objetivo é estabelecer as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens em diversas áreas: residencial, comercial, público, industrial, de serviços, agropecuário, etc. (ABNT, 2004).

Apesar de não haver menção explícita aos sistemas fotovoltaicos, as instalações de SIGFI's, por serem de baixa tensão, submetem-se a NBR-5410 enquadrando-se nas instalações alimentadas por fonte própria de energia em baixa tensão. Alguns dos pontos relevantes mencionados por esta norma e que podem ser utilizados nos SIGFI's são os seguintes:

- ✓ Dispositivos de proteção para tomadas situadas em áreas externas ou internas expostas a molhadura.
- ✓ Elaboração de projetos com esquemas de montagem, memorial descritivo e especificação dos componentes.

- ✓ Realização de ensaios de campo antes de liberação da instalação para o usuário, antecedida de uma inspeção visual.
- ✓ Manutenção realizada por pessoas qualificadas ou advertidas com frequência relacionada à complexidade dos equipamentos.

Assegurar a conformidade técnica destas instalações implica em um adequado funcionamento do sistema além de minimizar riscos às pessoas. Assim sendo, todo circuito deve dispor de condutor de proteção, em toda sua extensão. A moldura do módulo, a estrutura e o poste metálico deverão ser corretamente aterrados. Isso inclui também o inversor e controlador de carga.

3.6 Ministério do Trabalho e Emprego – M.T.E.

Norma Regulamentadora nº 10 - NR10. As normas regulamentadoras – NR's – são normas relativas à segurança e medicina do trabalho, de caráter compulsório, devendo ser observadas pelas empresas privadas e públicas e por órgãos da administração direta e indireta, que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho – CLT (BRASIL, 2009).

Publicada em 1978, com alteração em 2004, através da Portaria Nº 598 do MTE, dispõe sobre as diretrizes básicas para a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, destinados a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que direta ou indiretamente interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade nas fases de geração, transmissão, distribuição e consumo, incluindo as etapas de projeto, construção, montagem, operação, manutenção das instalações elétricas, e quaisquer trabalhos realizados nas suas proximidades (BRASIL, 2004).

Conforme Mocelin (2007), os SIGFI's enquadram-se no que se refere à NR10 como Sistema Elétrico de Potência (SEP), definido como conjunto das instalações e equipamentos destinados à geração, transmissão, distribuição de energia elétrica até a medição, inclusive (BRASIL, 2004). Sendo assim, os trabalhos não podem ser realizados individualmente.

Outro item importante que influencia diretamente a segurança dos sistemas fotovoltaicos é a abordagem da segurança na construção, montagem, operação e manutenção, vindo de encontro à análise apresentada anteriormente no quadro de riscos e perigos divididos em diferentes estágios com objetivo de atender a este item, da NR10.

Relacionados com estas exigências, situações de risco como altura, confinamento, explosividade, umidade, poeira, fauna, produtos químicos requerem a sinalização de segurança nos SFD's. Para as atividades de instalação a norma prevê a iluminação adequada e posição ergonômica que disponibilizem os membros superiores para realização de tarefas.

Esta NR ainda torna obrigatório o curso de treinamento para profissionais autorizados a intervir em instalações elétricas. Sendo composto de um módulo básico (mínimo 40 h) e complementar (mínimo 40 h), que deverá desenvolver vários tópicos de acordo com a condição do trabalho, características de cada ramo, padrão de operação, nível de tensão e outras peculiaridades. As exigências mínimas são:

- I. Introdução à segurança com eletricidade;
- II. Riscos em instalações e serviços com eletricidade: choque elétrico, mecanismos e efeitos;
- III. Técnicas de análise de risco;
- IV. Medidas de controle do risco elétrico: desenergização, aterramento, seccionamento automático da alimentação, dispositivos a corrente de fuga, extra baixa tensão, barreiras e invólucros, isolamento das partes vivas;
- V. Normas Técnicas Brasileiras –NBR da ABNT: NBR-5410, NBR 14039 e outras;
- VI. Regulamentações do MTE;
- VII. Equipamentos de proteção individual (EPI) e coletiva (EPC);
- VIII. Rotinas de trabalho: procedimentos, liberação para serviços, sinalização, inspeções de áreas, serviços, ferramental e equipamento;
- IX. Documentação de instalações elétricas;
- X. Riscos adicionais;
- XI. Proteção e combate a incêndios: noções básicas, medidas preventivas, métodos de extinção;
- XII. Acidentes de origem elétrica: causas diretas e indiretas;
- XIII. Primeiros socorros;
- XIV. Responsabilidades.

Naturalmente que a escolha dos módulos deverá fazer parte da etapa do planejamento, porém fica claro que esta escolha deve levar em consideração principalmente o perfil dos usuários (abordado na introdução deste trabalho) dado que, num certo momento, eles serão as peças chaves na operacionalização dos sistemas e a segurança ficará comprometida caso haja falha neste processo de treinamento.

Com relação a este importante aspecto, deve-se mencionar que dentro do INMETRO, no âmbito do PBE, existe o Grupo de Trabalho Fotovoltaico (GT-FOT). Por meio do diagnóstico dos diversos projetos fotovoltaicos em andamento, esse grupo constatou a falta de profissionais qualificados para a instalação e manutenção deste tipo de sistemas. Visando a atenuar esta lacuna, o Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos do Instituto de Eletrotécnica Energia da Universidade de São Paulo, LSF-IEE/USP, através do CT-Capacitação do GT-FOT, apresentou um programa básico para certificação de instaladores de sistemas fotovoltaicos (INMETRO, 2003; Zilles *et al*, 2009).

Nessa proposta, para obter o certificado de instalador de sistemas fotovoltaicos de pequeno e médio porte (habilitação em sistemas energéticos autônomos) o candidato deverá seguir o seguinte caminho:

1. Apresentar solicitação de aspirante ao certificado de Instalador Fotovoltaico de Sistemas de Pequeno e Médio Porte;
2. Obter aprovação na prova teórica;
3. Obter aprovação na prova prática;
4. Entrega do Certificado;
5. Inclusão no registro da Associação Brasileira de Empresa de Energias Renováveis como Instalador Qualificado.

No mencionado programa, um dos módulos a serem tratados inclui aspectos relacionados com as questões de segurança elétrica e química além do estudo dos principais equipamentos de proteção. Obviamente, o candidato a obter o certificado de instalador credenciado deverá mostrar suficientes conhecimentos sobre este tema.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A chegada da energia elétrica a comunidades rurais traz expectativas de melhoria nas condições de vida das pessoas. Afinal, como foi apresentado nos estudos já mencionados, os locais com baixos Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) coincidem com as áreas escolhidas para aplicação do programa. Entretanto, ela vem acompanhada de um fator de risco para estas populações. Sem acesso às condições mínimas de acesso ao conhecimento formal, os membros destas comunidades passam quase toda a vida sem contato algum com a eletricidade e suas peculiaridades.

Mesmo em áreas urbanas, a normatização das instalações e equipamentos elétricos é essencial, devido à gravidade dos acidentes que podem vir a ocorrer, que podem até mesmo serem letais. O que se pode perceber é que fatores como baixos índices de escolaridade também são uma forte influência para a exposição ao risco.

A mão de obra utilizada nos projetos, geralmente não tem conhecimento sobre a geração distribuída. Os sistemas fotovoltaicos apresentam características próprias da tecnologia, que ao não serem observadas podem causar acidentes nas fases de instalação, operação e manutenção. Uma outra preocupação é o local onde se desenvolvem tais trabalhos, remotos e de difícil acesso, e os problemas oriundos deste fator. Por tal motivo, os técnicos devem contar com uma logística adequada e possuir ferramentas e instrumentos adequados, além de peças de reposição e acessórios indispensáveis para o trabalho nesse meio.

Os problemas causados pelo choque elétrico se completam com a exposição dos técnicos à eletricidade, aos riscos de queda, acidentes durante o transporte, ataques de insetos e animais peçonhentos e ao excesso de exposição à radiação solar. Entretanto, um trabalho satisfatório do ponto de vista da segurança pode ser realizado bastando que sejam seguidas as normas e instruções, conforme apresentado nos quadros 1, 2 e 3. Reverte-se em benefício aos habitantes, que poderão interagir com a tecnologia, ao trabalho de operação e manutenção, que necessitará cada vez menos do deslocamento de profissionais de grandes distâncias, e aos resultados dos investimentos da concessionária.

No que tange a formação, os recursos humanos de nível intermediário constituem um dos pilares para garantir o funcionamento dos sistemas. Esses especialistas poderão alicerçar as redes de assistência técnica e de manutenção para a tecnologia fotovoltaica. Tudo isso levará a uma melhor difusão e apropriação tecnológica evitando erros que conduzem ao descrédito e ao surgimento de empecilhos à expansão e uso dos sistemas fotovoltaicos domiciliares.

REFERÊNCIAS

- Alberton, Anete. 1996. Uma metodologia para auxiliar no gerenciamento de riscos e na seleção de alternativas de investimentos em segurança. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- Almeida, I. M. de; Baumecker, I. C. 2004. Guia de campo para análise de erros humanos. Revista CIPA, São Paulo, v. 25, n. 294, p.26-35, maio 2004.
- ANEEL. 2004. Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL, Resolução Normativa nº 83 de 20 de setembro de 2004. Estabelece os procedimentos e as condições de fornecimento de Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes, SIGFI. Diário Oficial da União – DOU, 24 de setembro de 2004, seção 1, p. 126, v. 141, Nº 185, Brasília.
- ABNT. 2004. NBR 5410: Instalações de baixa tensão. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT.
- BRASIL. 2002. Lei nº 10.438 de 26 de abril de 2002. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária e cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa). Diário Oficial da União, DOU, 29 de abril de 2002, Edição Extra, Brasília.
- _____. 2003a. Decreto nº 4.873 de 11 de novembro de 2003. Institui o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica "Luz Para Todos" e dá outras providências. Diário Oficial da União – DOU, 12 de novembro de 2003, Seção 1, p. 130, Brasília.
- _____. 2003b. Lei nº 10.762 de 11 de novembro de 2003. Dispõe sobre a criação do Programa Emergencial e Excepcional de Apoio às Concessionárias de Serviços Públicos de Distribuição de Energia Elétrica e dá outras providências. Diário Oficial da União – DOU, 11 de novembro de 2003, Brasília.
- _____. 2004. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Portaria GM nº 598 de 07 de dezembro de 2004. Site acessado em 28 de novembro de 2009, documento disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_10.pdf>
- _____. 2008. Decreto nº 6.442 de 25 de abril de 2008. Prorroga o prazo do Programa Nacional de Universalização do

- Acesso e Uso da energia Elétrica “Luz Para Todos” até 2010 e dá outras providências. Diário Oficial da União – DOU, 28 de abril de 2008, ano CXLV, nº 80, Seção 1, p. 1, Brasília.
- _____. 2009. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 1 – Disposições Gerais. Portaria SIT nº 84, de 04 de março de 2009. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_01_at.pdf>. Acesso em: 28 nov 2009.
- EUROPEAN COMMISSION. 1998. Universal Technical Standard for Solar Home Systems. IES-UPM, GENE, WIP, ESTI-JRC / Thermie B, SUP-995-96, Belgium, 62 p.
- Fischer, D.; Guimarães, L. B. M. 2002. Percepção de Risco e Perigo: Um Estudo Qualitativo. VII Congresso Latino-Americano de Ergonomia / XII Congresso Brasileiro de Ergonomia / I Seminário Brasileiro de Acessibilidade Integral, Recife.
- GTES–CEPEL–CRESESB. 1999. Manual de Engenharia Para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro: Grupo de Trabalho de Energia Solar, GTES, 1ª edição, 204 p.
- IEC. 2002. International Electrotechnical Commission - IEC. IEC 60364: Electrical installations of buildings - Part 7-712: Requirements for special installations or locations - Solar photovoltaic (PV) power supply systems. Genebra, 2002. Disponível em: <http://webstore.iec.ch/preview/info_iec60364-7-712%7Bed1.0%7Den_d.pdf>. Acesso em: 27 out 2009.
- IEEE. 2000. IEEE Std 937-2000, Recommended Practice for Installation and Maintenance of Lead-Acid Batteries for Photovoltaic (PV) System. IEEE Standards Coordinating Committee 21, approved 30 March 2000.
- INMETRO. 2003. Qualificação de instaladores de sistemas fotovoltaicos. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO, Programa Brasileiro de Etiquetagem, GT-FOT – Energia Fotovoltaica.
- INMETRO–MDIC. 2008. Portaria n.º 396 de 10 de novembro de 2008. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001225.pdf>>. Acesso em: 27 out 2009.
- _____. 2009. Portaria n.º 211, de 10 de julho de 2009. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001474.pdf>>. Acesso em: 18 nov 2009.
- KYOCERA. 2009. Histórico, KYOCERA Solar do Brasil. Disponível em: <<http://www.kyocerasolar.com.br/site/historico.php>>. Acesso em: out. 2009.
- Lourenço, S. R.; Silva, T. A. F.; Silva Filho, S. C. da. 2007. Um estudo sobre os efeitos da eletricidade no corpo humano sob a égide da saúde e segurança do trabalho. Exacta, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 135-143, jan./jun. 2007. Disponível em: <<http://www.dsee.fee.unicamp.br/~sato/ET016/T7.pdf>>. Acesso: 23 nov 2009.
- McNutt, P.; Nispel, M. 2007. Overview and purpose of IEEE Std 937 — recommended practice for installation and maintenance of lead-acid batteries for photovoltaic (PV) systems. Work supported by the U. S. Department of Energy under Contract No. DE-AC36-99GO10337.
- Mocelin, A. R. 2007. Implantação e Gestão de Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares: Resultados Operacionais de um Projeto Piloto de Aplicação da Resolução ANEEL n. 83/2004. 2007. Dissertação de Mestrado, Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo.
- Mocelin, A.; Zilles, R.; Morante, F. 2009. Programa brasileiro de etiquetagem de equipamentos fotovoltaicos, controladores e inversores. AVERMAS, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, v. 13, p. 04/101 – 04/108.
- Morante, F.; Quaglia, R.; Moraes A.; Oliveira, S. 2008. Panorama da geração distribuída no Brasil utilizando a tecnologia solar fotovoltaica. Anais do II Congresso Brasileiro de Energia Solar, II CBENS, Florianópolis, 18 a 21 de novembro de 2008, versão digital em CD.
- NEMA. 1999. Electrical Installation Requirements: a global perspective. Rosslyn - Virginia, Abr 1999. Disponível em: <<http://www.nema.org/stds/complimentary-docs/upload/nec-iec60364.pdf>>. Acesso em: 30 dez 2009.
- PRONET. s/d. Pronet Eletrônica Ltda. Manual do usuário: fonte de energia CA para sistemas fotovoltaicos – Inversor CC-CA onda senoidal pura. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.kyocerasolar.com.br/site/arquivos/produtos/61.pdf>>. Acesso em: 10 nov 2009.
- Zilles, R.; Mocelin, A.; Morante, F. 2009. Programa brasileiro de formação e certificação de instaladores de sistemas fotovoltaicos de pequeno e médio porte. AVERMAS, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, v. 13, p. 10/09 – 10/16.
- Zilles, R.; Rüther, R. 2010. Telhados solares e a indústria fotovoltaica. Jornal Valor Econômico, 01 de abril de 2010.

HAZARDS AND RISKS IN DOMICILIARY INSTALLATIONS PHOTOVOLTAICS AND THE IMPORTANCE OF ITS STANDARDIZATION

Abstract. *Since the establishment of compulsory universal public service of electricity by the utilities in 2002, the company's energy concessionaires had started to consider the photovoltaic solar technology in the matrix of options of electricity generation. Thus, the challenge to take electric energy to the rural population, in domiciles where the price of the energy through the net is prohibitive, can be surpassed with the use of Individual Systems of Generation of Electric Energy with Intermittent Sources (SIGFI's), to a large extent using photovoltaics panels. These, as they allow the continued operation of equipment, meets the requirements of ANEEL (National Agency of Electrical Energy), contained in Resolution 083/04. However, this or any other form of power generation needs maintenance and assembly that should be done by professionals in minimum conditions of security. Moreover, the users have the same need since*

they have constant contact with power. In this context, this work deals with on the concepts and norms related with the security the people who are in contact with the existing electric energy in the photovoltaics installations. The discussions are based on a bibliographical research on this question and on the knowledge constructed throughout the time in the diverse implanted photovoltaics projects in the world.

Keywords. Electrical Installations of Low Voltage, Solar Home Systems, Security of Work.