

AVALIAÇÃO DO CONHECIMENTO EM O&M DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS POR PROFISSIONAIS DO MERCADO DE ENERGIA SOLAR BRASILEIRO

Ernesto de Freitas Moscardini Júnior – junior.epe@gmail.com

Ricardo Rüther – r.ruther@gmail.com

Departamento de Engenharia Civil, Centro de Pesquisa e Capacitação em Energia Solar Fotovoltaica,
Universidade Federal de Santa Catarina

Lizandra Garcia Lupi Vergara – l.vergara@ufsc.br

Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina

Resumo: *Este trabalho apresenta uma avaliação da visão dos profissionais do setor de energia fotovoltaica em relação a importância da operação e manutenção destes geradores. Foram realizadas entrevistas estruturadas com quinze profissionais, tais como arquitetos, engenheiros e gerentes de projetos responsáveis por projetar, implementar e realizar pesquisas científicas com sistemas fotovoltaicos em Florianópolis e Uberlândia. Os pontos mais relevantes deste levantamento foram 20% dos entrevistados terem experiência com implantação de sistemas híbridos fotovoltaicos. Os profissionais entrevistados possuem boa experiência de trabalho com sistemas fotovoltaicos, média de 2,7 anos, comparados com os 5 anos de regulamentação da conexão deste tipo de gerador no sistema elétrico. O sistema flutuante foi indicado por 60% dos entrevistados como o mais complexo em se realizar manutenção. A segurança do trabalho foi um ponto abordado durante a entrevista, o sendo que 40% dos entrevistados indicaram que as usinas instaladas em telhado são os sistemas mais complexos para realizar a manutenção devido aos riscos associados a esta atividade em altura. Esta preocupação é extremamente pertinente ao se analisar os dados da Organização Mundial do Trabalho que aponta o Brasil como um dos líderes nas estatísticas de acidente no trabalho, sendo que 40% dos acidentes registrados são provenientes de atividades laborais em altura. A instalação de um sistema fotovoltaico é um processo que requer profissionais de diversas áreas da engenharia e arquitetura. A operação e manutenção destes geradores, demanda um grande conhecimento multidisciplinar necessário para o planejamento, entendimento dos procedimentos e suas respectivas periodicidades, necessárias para mantê-los funcionando adequadamente. Pode-se constatar que ainda carecem de uma visão macro de todas as etapas de projeto, implantação, monitoramento, operação e manutenção deste tipo de usina.*

Palavras-chave: *Sistemas fotovoltaicos, Operação e manutenção, trabalho em altura.*

1. INTRODUÇÃO

O mercado brasileiro de geração distribuída teve início em 2012 com a aprovação da Resolução Normativa N°482 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) que cria e regulamenta o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, por meio da geração distribuída. De acordo com essa Resolução, os consumidores cativos de energia elétrica podem gerar sua própria energia a partir de fontes renováveis, realizando trocas com a rede e compensando eventuais excedentes no mesmo CPF ou CNPJ, dentro de uma mesma área de concessão. Em novembro de 2015, foi elaborada a Resolução Normativa N°687 da ANEEL, que ampliou as possibilidades de virtual *net metering*, representando um importante marco impulsionador do setor. Para que se tenha ideia, de acordo com dados da própria ANEEL, o país terminou 2012 com apenas um sistema fotovoltaico conectado à rede e 425 em 2014. Hoje este número já ultrapassa a casa dos 10.000 (ANEEL, 2017). A Fig. 1 mostra a evolução do número de sistemas fotovoltaicos conectados à rede entre os anos de 2012 a 2017 em todo o Brasil.

O aumento aos incentivos à geração distribuída é justificado pelos potenciais benefícios que proporcionam ao sistema elétrico tais como: o adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, baixo impacto ambiental, redução no carregamento das reles, minimização das perdas e a diversificação da matriz fizeram com que a ANEEL publicasse em 2015 a Resolução Normativa N° 687 na qual incrementa a 482. Regulamentando a geração de energia em empreendimentos com múltiplas unidades consumidoras, a geração compartilhada e o autoconsumo remoto. Estes novos aspectos da resolução 687 tornam possível a implementação dos condomínios solares os quais possibilitam que o consumidor de uma concessionária de energia elétrica pague por um sistema solar fotovoltaico sem tê-lo instalado fisicamente em

sua residência ou empresa, ou seja, um cliente que mora em apartamento pode possuir um sistema fotovoltaico para geração de sua própria energia elétrica.

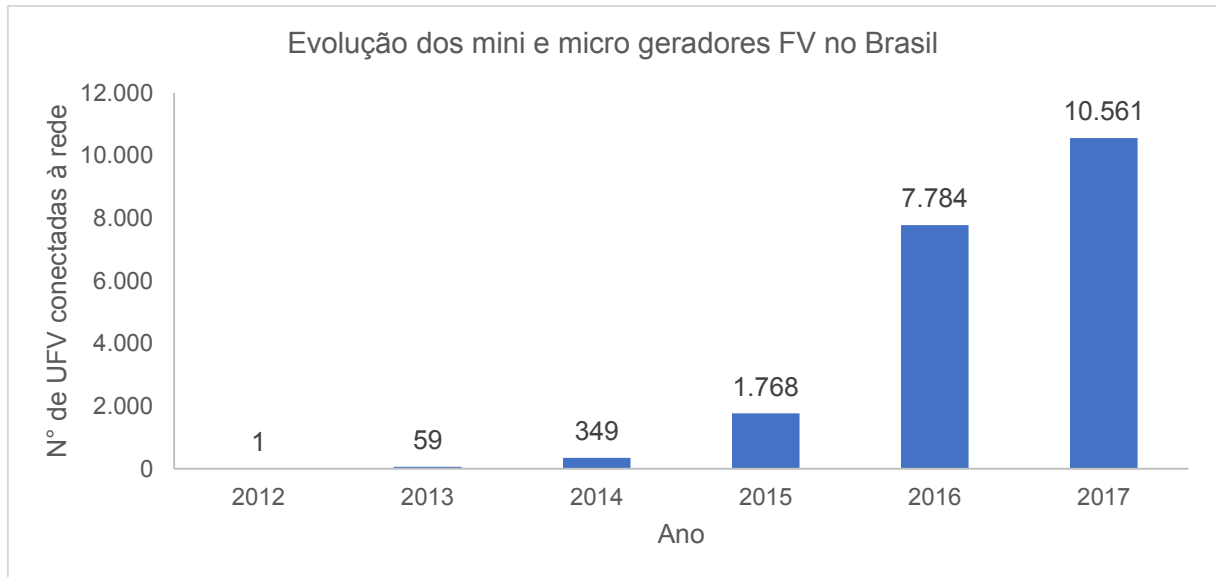


Figura 1 - Número de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, de 2012 a 2017
Fonte: Adaptado pelo autor de ANEEL (2017)

O aumento aos incentivos à geração distribuída é justificado pelos potenciais benefícios que proporcionam ao sistema elétrico tais como: o adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, baixo impacto ambiental, redução no carregamento das reles, minimização das perdas e a diversificação da matriz fizeram com que a ANEEL publicasse em 2015 a Resolução Normativa N° 687 na qual incrementa a 482. Regulamentando a geração de energia em empreendimentos com múltiplas unidades consumidoras, a geração compartilhada e o autoconsumo remoto. Estes novos aspectos da resolução 687 tornam possível a implementação dos condomínios solares os quais possibilitam que o consumidor de uma concessionária de energia elétrica pague por um sistema solar fotovoltaico sem tê-lo instalado fisicamente em sua residência ou empresa, ou seja, um cliente que mora em apartamento pode possuir um sistema fotovoltaico para geração de sua própria energia elétrica.

As crescentes mudanças da demanda do setor energético exigem expansão na infraestrutura de geração e transmissão de energia para manter as necessidades essenciais da sociedade. Estas expansões dependem de projetos de grande porte, que ao mesmo tempo provocam grandes impactos ambientais, portanto a busca por soluções práticas com investimentos baixos auxilia no equilíbrio da oferta.

A geração distribuída torna-se uma solução atrativa, pois utiliza as estruturas já existentes nas cidades na integração de sistemas geradores de energia e as unidades consumidoras. Ou seja, o consumo pode ocorrer no próprio local ou em suas proximidades, como no caso de edificações. Isso consiste em uma vantagem em relação às fontes convencionais de geração de energia que além de ocorrerem perdas durante a transmissão e distribuição, a energia elétrica é gerada cada vez mais longe das unidades consumidoras.

A instalação em larga escala de usinas fotovoltaicas ao longo da rede elétrica brasileira necessita de normas e procedimentos que visam garantir a qualidade e bom funcionamento destes geradores. Portanto, em 2014 foi publicada a ABNT 16274 (Sistemas fotovoltaicos conectados à rede – Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho). Esta norma está centrada em três pontos: requisitos de documentação; ensaios de verificação e comissionamento do sistema; e avaliação do desempenho (ABNT 16274, 2014).

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCR) têm vida útil estimada entre 20 a 30 anos desde que sejam assistidos por um serviço de O&M bem estruturado, o qual é responsável por garantir o funcionamento destas usinas de forma segura e adequada ao longo deste período. Porém, esse tipo de serviço ainda é recente no mercado brasileiro. Sendo assim, este trabalho busca abordar os conhecimentos em operação e manutenção de sistemas fotovoltaicos por meio de profissionais responsáveis por projetar, planejar e implementar este tipo de gerador de energia, para que se possa compreender como são gerenciadas as práticas em O&M. Para tanto, utiliza-se como principal base metodológica a Análise de Conteúdo, conforme Bardin (2011), sobre entrevistas estruturadas realizadas com profissionais - engenheiros, arquitetos e gerentes de projetos, que atuam nas cidades de Florianópolis e Uberlândia, Brasil.

2. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE (SFCR)

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCR) são compostos basicamente por um arranjo série/paralelo de módulos fotovoltaicos que, quando expostos à irradiação solar, geram energia elétrica em corrente alternada. O inversor é o equipamento responsável por converter essa energia em corrente alternada. A principal característica deste tipo de sistema é efetivamente estar conectado ao sistema público de fornecimento de energia conforme definidos em (ABNT 10899, 2013) e (ABNT 110704, 2008).

A ANEEL publicou em 17 de abril de 2012 a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 que estabelece as condições necessárias para que o consumidor brasileiro possa gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada e inclusive fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade. Em 2015, a ANEEL publicou a Resolução Normativa nº 687/2015 revisando a Resolução Normativa de 2012 visando reduzir os custos e tempo para conexão dos sistemas à rede pública de fornecimento de energia; compatibilizar o Sistema de Compensação de Energia Elétrica com as Condições Gerais de Fornecimento (Resolução Normativa nº 414/2010); aumentar o público alvo; e melhorar as informações na fatura de energia.

Após um sistema fotovoltaico ser colocado em funcionamento, a operação e manutenção destes sistemas requerem um pacote especializado de serviços, para garantir altos níveis de desempenho técnico e consequentemente econômico ao longo da sua vida útil. Com o aumento do número de usinas fotovoltaicas conectadas na rede elétrica, torna-se crescente também a preocupação com o impacto da qualidade dos serviços de O&M principalmente sobre o retorno do investimento (ROI) como proposto por (EPIA, 2016) e (NREL, 2016).

A indústria fotovoltaica é relativamente jovem, principalmente no segmento de prestação de serviços. Mais especificamente em (NREL, 2016), os serviços de O&M apresentam uma ampla gama de práticas e abordagens, devido a especificidades de cada sistema, topologias, locais de instalação e requisitos da concessionária de energia elétrica local.

Este trabalho parte do pressuposto que os conhecimentos de operação e manutenção de sistemas fotovoltaicos por parte de profissionais responsáveis por projetá-los e implantá-los não são suficientes para garantir o funcionamento adequado destes geradores ao longo de sua vida útil. Portanto, pretende-se por meio da análise de conteúdo proposta nesta pesquisa: verificar a experiência com O&M de profissionais de engenharia e arquitetura do mercado de instalações fotovoltaicas; identificar quais são os aspectos mais relevantes para estes profissionais em relação às ações de O&M em sistemas fotovoltaicos; e comparar os conhecimentos de O&M dos profissionais de projeto e implantação de usinas fotovoltaicas com os procedimentos descritos na ABNT 16274:2014.

3. METODOLOGIA

Como forma de compreender a visão dos profissionais deste setor em relação a importância da O&M destes geradores, foram realizadas entrevistas estruturadas com quinze profissionais, tais como arquitetos, engenheiros e gerentes de projetos responsáveis por projetar, implementar e realizar pesquisas científicas com sistemas fotovoltaicos. Esta pesquisa é classificada como qualitativa, de caráter exploratório, que conforme GIL (2002) tem como principal finalidade desenvolver, esclarecer e alterar conceitos e ideias, visando formular problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para futuros estudos. Este é o tipo de pesquisa apresenta maior facilidade em seu planejamento. As principais ferramentas utilizadas são levantamento bibliográfico e documental, entrevistas não padronizadas e estudos de caso. A Pesquisa exploratória proporciona uma visão geral sobre um determinado fato. Muito empregada quando o tema a ser abordado é pouco explorado e torna-se difícil formular hipóteses precisas e operacionalizáveis. Como resultado final tem-se um problema, mas esclarecido que poderão ser melhores investigados mediante ao emprego de procedimentos mais elaborados. Utilizou-se também a pesquisa documental segundo (GIL, 2002), para analisar resoluções normativas, normas e relatórios de importantes instituições do setor fotovoltaico com forma de complementar o embasamento teórico necessário dos principais conceitos abordados neste artigo.

Nesta pesquisa as entrevistas foram realizadas através do aplicativo WhatsApp, que é uma ferramenta multiplataforma utilizada para troca de mensagens, áudios e vídeos, por mais de 1 bilhão de pessoas através de seus “*smartphones*”, “*tablets*” ou computadores, em mais de 180 países sendo largamente utilizada para comunicação tanto de ordem pessoal quanto corporativa conforme descrito em WhatsApp (2017). As interações entre entrevistador e entrevistados deram-se através da troca de áudios proporcionando uma maior versatilidade na captação dos dados para este trabalho. A única desvantagem é a perda das informações intrínsecas fornecidas pelos entrevistados através dos gestos, pausas, silêncios, ênfases que podem ajudar o entrevistador a descrever e analisar os dados obtidos durante a entrevista conforme Elliot (2012). Tal limitação da pesquisa foi amenizada pela grande insistência em respostas pouco esclarecidas.

As entrevistas foram realizadas durante os meses de julho e outubro de 2017, com profissionais que atuam em Florianópolis-SC e Uberlândia-MG. Esta pesquisa foi submetida e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Os participantes que concordaram em participar do estudo, e assinaram o Termo de Consentimento Livre Esclarecido – TCLE.

3.1 Instrumentos utilizados

Os instrumentos utilizados para elaboração deste artigo foram entrevistas estruturadas para posterior Análise de Conteúdo.

A Entrevista é uma técnica de coleta de dados em que o pesquisador interage com o investigado, fonte primária das informações a serem levantadas, onde são formuladas perguntas visando obter os dados relevantes ao tema abordado pela pesquisa. A entrevista estruturada, segundo Gil (2008), é uma forma de interação entre o entrevistador e entrevistado realizada de forma invariável através de perguntas organizadas em um roteiro fixo com intuito de coletar os dados de forma rápida e possibilitando a análise estatística dos dados. A Tab. 1 apresenta as oito perguntas utilizadas no roteiro aplicado nas quinze entrevistas do tipo estruturadas com profissionais responsáveis por projetar, implantar e realizar pesquisas científicas em sistemas fotovoltaicos em Florianópolis e Uberlândia.

Tabela 1 - Perguntas utilizadas nas entrevistas estruturadas

1) Qual seu nome completo?	Características profissionais do entrevistado
2) Qual sua formação técnica? Você já participou da montagem de um sistema fotovoltaico?	
3) Há quanto tempo trabalha com energia solar fotovoltaica?	
4) Atualmente, quais são suas atividades ligadas à sistemas fotovoltaicos?	
5) Qual dentre as opções a baixo é o tipo de sistema fotovoltaico mais complexo de se realizar a manutenção? Quais são as dificuldades de realizar a manutenção no sistema FV em que você assinalou? a) Usina de solo; b) Usina flutuante; c) Sistema instalado em telhado (comportado); d) Sistema instalado em telhado com cavalete.	Conhecimento e experiência em manutenção de sistemas fotovoltaicos
6) Você já realizou ou supervisionou alguma ação de manutenção em sistemas FV? Se sim quais?	
7) Quais os procedimentos imprescindíveis para manutenção de usinas fotovoltaicas?	Condições necessárias para manutenção de sistemas fotovoltaicos
8) Quais são os equipamentos necessários para realização da manutenção das usinas fotovoltaicas?	

3.2. Análise de conteúdo

As entrevistas foram transcritas e as respostas foram tratadas por meio de Análise de Conteúdo, conforme Bardin (2011), que se refere a um grupo de técnicas ou instrumentos voltados à análise e descrição dos conteúdos contidos nas mensagens onde, através de procedimentos sistemáticos, visam obter indicadores quantitativos e ou qualitativos que permitem a inferência de conhecimentos relativos às variáveis contidas nestas mensagens. Basicamente a análise de conteúdo é dividida em três partes: pré análise, exploração do material e tratamento dos dados.

Na pré análise optou-se pela transcrição dos áudios das entrevistas além de exaustiva observação no modo que os entrevistados expunham suas respostas e considerações. Durante a fase de exploração do material, foi elaborado três categorias de análise:

- Características profissionais dos entrevistados;
- Conhecimentos e experiência em manutenção de sistemas fotovoltaicos;
- Condições necessárias para manutenção de sistemas fotovoltaicos.

O tratamento dos dados foi realizado através da tabulação das informações transcritas de cada um dos entrevistados. Buscou-se através da contagem de palavras, termos técnicos ou agrupamento das respostas quantificar as informações obtidas nas transcrições das entrevistas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características profissionais dos 15 entrevistados que atuam no mercado fotovoltaico, dentre eles: 7 engenheiros eletricitas, 2 engenheiros de controle e automação, 2 engenheiros mecânicos, 2 engenheiros civil e 2 arquitetas, são apresentadas a seguir. Os três engenheiros E01, E03 e E04 (20% da amostra) relataram terem experiências na montagem de sistemas híbridos solar fotovoltaico com geradores à combustão. “... *Eu participei...da montagem de uns, do primeiro sistema conectado à rede, integrado a edificação...inclusive um em Rondônia...na vila de Araras, que era uma usina... usina híbrida, diesel/fotovoltaica*”. Este tipo de sistema requer grande conhecimento técnico destas duas tecnologias de geração de energia, bem como a integração entre elas. No Brasil, ainda não existe uma política governamental específica para desenvolvimentos de sistemas híbridos, principalmente para atender comunidades isoladas. Portanto, a experiência destes profissionais com este tipo de geração de energia serve como subsídio para comprovação do alto nível técnico destes profissionais. Inclusive, E01 possui mestrado em energia solar fotovoltaica e E04 tem pós-graduação em motores à combustão.

O tempo médio de experiência dos entrevistados com sistemas fotovoltaicos é de 2,7 anos. Os extremos desta amostra são E01 e E14, com 20 anos e sete meses, respectivamente. A amostra contém ainda três profissionais com pós-graduação E01, E04 e E11. Considerando que a instalação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede foi regulamentada em 2012 conforme a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, pode-se considerar que os profissionais entrevistados podem ser considerados experientes, detendo um bom nível técnico. Dentre as experiências profissionais relatadas, a que merece destaque é a do E04, que atualmente trabalha com: “*Dimensionamento do sistema, comissionamento... sistemas elétricos, projeto elétrico...*”. Para que o profissional realize comissionamento de sistemas fotovoltaicos é necessário que tenha pleno conhecimento dos procedimentos descritos da NBR16274:2014.

Os entrevistados foram questionados sobre qual tipo de sistema fotovoltaico possui maior grau de complexidade para realização dos procedimentos de manutenção, e 60% indicaram o sistema fotovoltaico flutuante. Este tipo de instalação ainda tem caráter experimental, e consiste na instalação dos painéis em porções de água tais como: represas, lagos, lagoas, açudes, baías, reservatórios, lagoas de irrigação, usinas de tratamento de águas residuais, fazendas de peixes, barragens e canais, etc. A principal diferença deste tipo de sistema em relação aos demais geradores fotovoltaicos é na forma de fixação dos módulos, pois nesses sistemas os módulos repousam em flutuadores na água. O primeiro sistema flutuante foi construído em 2007 na Califórnia e atualmente, a potência instalada em todo mundo ultrapassa os 94MWp. A **Fig. 2** mostra a evolução da potência instalada de sistemas flutuantes no mundo conforme apresentado por Saku et al. (2016) e NREL (2017).

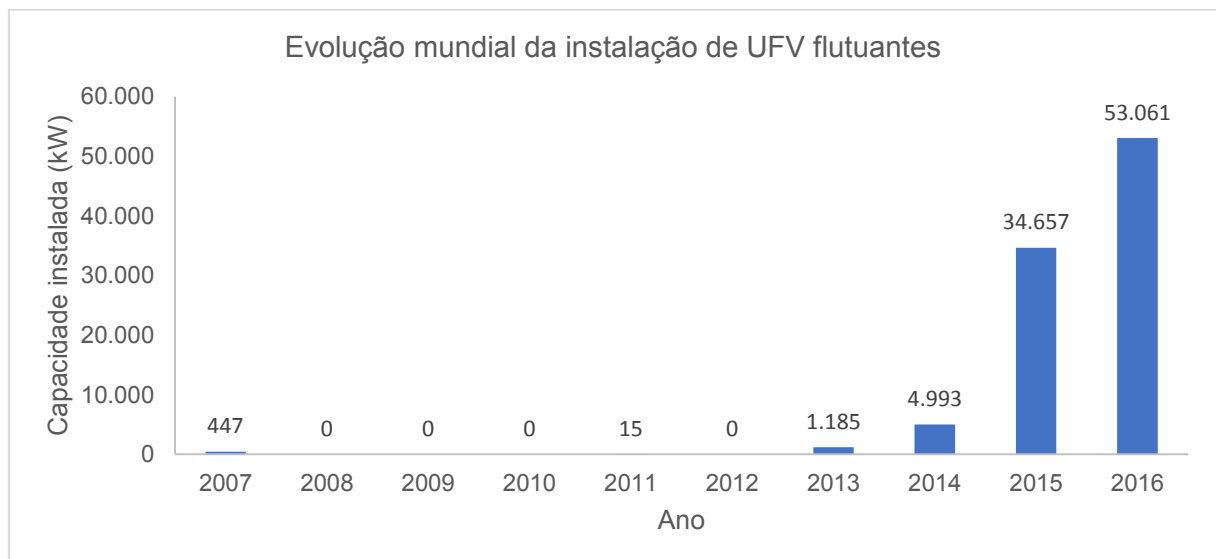


Figura 2 - Capacidade global de sistema fotovoltaico flutuante instalada por ano

Fonte: Adaptado pelo autor de NREL (2017)

Este tipo de sistema surge como alternativa de geração de energia através de fontes renováveis para países tais como: Japão, Cingapura, Coreia, Filipinas e outros que não possuem terrenos suficientes para instalação de

sistemas fotovoltaicos. O Brasil, através de um projeto de pesquisa e desenvolvimento do Ministério de Minas e Energia (MME), inaugurou em 2017 uma usina fotovoltaica flutuante instalada no lago da represa da Hidrelétrica de Balbina, com 10MW de potência instalada. Em recente publicação, PV Magazine (2017), mostra que a fotovoltaica flutuante além de ser uma nova fonte de energia, contribui na redução da evaporação dos reservatórios de água, principalmente durante os períodos de seca, tornando-se atrativa para implementação no Brasil, onde a principal fonte de energia é proveniente dos reservatórios das usinas hidrelétricas. Nenhum dos entrevistados da amostra trabalharam com sistemas flutuantes. Todos que apontaram este tipo de sistema como o de maior complexidade para realizar manutenção, foram unânimes ao indicar que as maiores dificuldades seriam o acesso ao sistema e o risco dos trabalhos envolvendo eletricidade próximos da água.

As falas a seguir de E02: "...usinas flutuantes... tanto pelo acesso ao local da usina e também pela proximidade da água... vai necessitar de um transporte marítimo... equipamentos de segurança... proximidade do sistema gerador com a água vai exigir que a pessoa faça manutenção é.... com equipamentos de proteção individual diferenciado..." e o depoimento de E06: "... sistema flutuante, pois é, você tem que trabalhar... mais complicado do ponto de vista de uso de EPI, de riscos para os operadores... tem o efeito de corrosão... durabilidade das placas que pode gerar maior manutenção, dificuldade de acesso..." relataram estas dificuldades e destacaram a importância do uso de equipamentos de proteção individual (EPI's) como uma medida de mitigar os riscos associados às atividades de operação e manutenção destes sistemas.

Ainda em relação ao tipo de sistema que exige maior complexidade nos procedimentos de operação e manutenção, constatou-se por meio das entrevistas que 40% dos entrevistados destacaram sistemas fotovoltaicos instalados em telhado. Estes seis profissionais foram unânimes em apontar as dificuldades de acesso como principal agravante na execução destes procedimentos, por se tornarem atividades em altura. A preocupação destes profissionais é pertinente pois as estatísticas de acidentes de trabalho no setor da construção civil são preocupantes. Em Stülp *et al.* (2017), apresenta uma análise com base nos dados da Organização Internacional do Trabalho, onde coloca o Brasil em 4º lugar no ranking mundial de acidentes de trabalho com morte. Estudos do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) de 2013, mostram que 40% dos acidentes de trabalhos registrados no Brasil são provenientes de atividades em altura, e as principais causas destes acidentes são: a perda do equilíbrio dos colaboradores; atividades executadas em locais sem proteção; à falta de uso ou uso inadequado dos equipamentos de proteção individual (EPI) e coletiva (EPC) além da falta de capacitação e conhecimento nas normas de segurança que regulam as atividades laborais em altura.

A estratégia de manutenção ideal, segundo (Roumpakias e Stamatelos, 2017) e (Peters e Madlener, 2017), para uma instalação fotovoltaica depende de múltiplos fatores, tais como: o tamanho e o tipo da planta fotovoltaica; as configurações dos componentes; sua localização, a irradiação global do local de instalação, etc. Estes são os critérios mais relevantes a serem considerados na operação e manutenção desse tipo de gerador. Atualmente, a maioria das plantas fotovoltaicas são operadas com uma estratégia de manutenção corretiva combinada com a manutenção preventiva, de acordo com as diretrizes do fabricante do componente. As principais causas que interferem na produção de energia em um sistema fotovoltaico são: falhas na rede elétrica; falhas nas conexões elétricas e nos inversores; degradação do painel fotovoltaico (corrosão, descoloração, ruptura de delaminação e células fotovoltaicas com microfissuras); sombreamento parcial e sujeira sobre os módulos. Esses problemas podem ser evitados através dos seguintes procedimentos de operação e manutenção: inspeções visuais, monitoramento, medições de curva I-V e realização de imagens de termografia. A confiabilidade no monitoramento aliado a um bom programa de operação e manutenção das usinas fotovoltaicas, quando bem executados, podem evitar grandes perdas financeiras. No Brasil, a norma para certificação de conformidade de usinas fotovoltaicas é a ABNT 16274 (2014). Na falta de uma norma específica que regulamente a operação e manutenção, esta serve como referência para execução estes procedimentos.

A Tab. 2 apresenta a relação dos procedimentos descritos pelos entrevistados. Como pode ser observado, a maioria dos profissionais entrevistados mencionou os procedimentos básicos de manutenção. Ao avaliar os entrevistados individualmente, constatou-se que nenhum entrevistado demonstrou conhecer todos os procedimentos necessários para manutenção de um sistema fotovoltaico durante a sua vida útil e apenas E01 mencionou conhecer a norma internacional de comissionamento de sistemas fotovoltaicos "*Grid connected photovoltaic systems Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection* (IEC 62446:2009)" que originou a ANBT 16274 (2014). Quando questionado sobre os procedimentos imprescindíveis para manutenção de usinas fotovoltaicas E01 disse: "*Primeiramente todos aqueles que estão prescritos na 5410, sistema...conhecimento em sistemas elétricos, sistemas DC e também conhecimento na norma de comissionamento IEC.*"

Os ensaios elétricos e as verificações das conexões foram os procedimentos mais mencionados pelos entrevistados principalmente por serem os mais elementares para manutenção de qualquer instalação elétrica, seja geradora ou consumidora de energia.

Apenas 40% dos profissionais consultados, mencionaram a necessidade de limpar os módulos. Este procedimento é vital para que o sistema gere energia conforme projetado e deve ser executado independente da qualidade, local e tipo de instalação. Os pontos mais relevantes deste levantamento foram 20% dos entrevistados

terem experiência com implantação de sistemas híbridos fotovoltaicos. Os profissionais entrevistados possuem boa experiência de trabalho com sistemas fotovoltaicos, média de 2,7 anos, comparados com os 5 anos de regulamentação da conexão deste tipo de gerador no sistema elétrico.

O sistema flutuante foi indicado por 60% dos entrevistados como o mais complexo em se realizar manutenção a pesar de que nenhum dos entrevistados ter trabalhado com essa nova modalidade de usina fotovoltaica.

A segurança do trabalho foi um ponto abordado durante a entrevista, o sendo que 40% dos entrevistados indicaram que as usinas instaladas em telhado são os sistemas mais complexos para realizar a manutenção devido aos riscos associados a esta atividade em altura. Esta preocupação é extremamente pertinente ao se analisar os dados da Organização Mundial do Trabalho que aponta o Brasil como um dos líderes nas estatísticas de acidente no trabalho, sendo que 40% dos acidentes registrados são provenientes de atividades laborais em altura.

Tabela 2 - Categorias de procedimentos de O&M de sistemas fotovoltaicos descritos pelos entrevistados

Ações de manutenção	Qtde	Percentual	Entrevistados
Monitoramento do sistema FV	7	47%	E01, E02, E03, E05, E06, E07, E11
Limpeza periódica dos módulos	6	40%	E01, E05, E06, E11, E12, E14
Realizar a inspeção termográfica	6	40%	E01, E03, E06, E07, E08, E11
Verificar periodicamente sombreamento do sistema	2	13%	E02, E06
Verificar as conexões elétricas	10	67%	E02, E03, E06, E07, E08, E09, E10, E11, E12, E14
Traçar curva IV dos arranjos fotovoltaicos	4	27%	E03, E04, E08, E11
Realizar ensaios elétricos	13	87%	E01, E 02, E03, E04, E05, E06, E07, E08, E09, E10, E11, E12, E14
Inspecionar o sistema preventivamente	7	47%	E01, E02, E07, E09, E10, E12, E14
Respeitar as normas de inspeção e de segurança	7	47%	E02, E04, E09, E10, E11, E12, E15

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A instalação de um sistema fotovoltaico é um processo que requer profissionais de diversas áreas da engenharia e arquitetura. A operação e manutenção destes geradores, demanda um grande conhecimento multidisciplinar necessário para o planejamento, entendimento dos procedimentos e suas respectivas periodicidades, necessárias para mantê-los funcionando adequadamente. A amostra dos profissionais entrevistados possui boa capacitação técnica necessária para desempenhar suas funções durante as etapas de elaboração de um sistema fotovoltaico. Porém, pode-se constatar que ainda carecem de uma visão macro de todas as etapas de projeto, implantação, monitoramento, operação e manutenção deste tipo de usina.

Como sugestão para trabalhos futuros, esta pesquisa poderia ser aplicada a um maior número de profissionais do segmento de energia solar fotovoltaica, para que se possa ter uma melhor visão do conhecimento sobre O&M por parte destes profissionais, contribuindo assim, para a elaboração de diretrizes de orientação aos profissionais sobre a gestão de sua atividade de trabalho. Ainda, ferramentas de avaliação de riscos e qualidade podem auxiliar na efetividade da O&M e na prevenção e controle contínuo das instalações destes sistemas fotovoltaicos, para melhor cumprimento das respectivas normativas vigentes.

REFERÊNCIAS

- ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Consulta em abril de 2017.
- ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015**. Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Consulta em abril de 2017.
- ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Nota Técnica nº 0056/2017-SRD/ANEEL**. Atualização das projeções de consumidores residenciais e comerciais com microgeração solar fotovoltaicos no horizonte 2017-2024. 2017.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16274:2014**. Sistemas fotovoltaicos conectados à rede – Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho, 2014.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 11704:2008**. Sistemas fotovoltaicos – Classificação. 2008.
- EPIA – EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION. **Solar Power Europe. O&M Best Practices Guidelines V1.0**, 2016.
- NREL – National Renewable Energy Laboratory. **Best Practices in Photovoltaic System Operations and Maintenance**. Technical Report NREL/TP-7A40-67553, December 2016.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo, Editora Atlas S.A (2002) ISBN 85-224-3169-8.
- GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo, Editora Atlas S.A (2008) ISBN 978-85-224-5142-5.
- WhatsApp - Disponível em: < <https://www.whatsapp.com/>> Consulta em agosto 2017.
- ELLIOT, L. G. **Instrumentos de avaliação e pesquisa**. Rio de Janeiro, Editora Wak, 2012, ISBN 978-85-7854-226-9.
- BARDINI, L.; **Análise de conteúdo**. São Paulo, Editora Edições 70, 2011.
- NETO, M. R. B.; CARVALHO, P. C. M.; CARIOCA, J. O. B.; CANAFÍSTULA, F. J. F.; **Biogas/photovoltaic hybrid power system for decentralized energy supply of rural areas**. Energy Policy, vol. 38, 2010, Pages 4497-4506.
- SAKU, A.; YADAV, N.; SUDHAKAR, K.; **Floating photovoltaic power plant: A review**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 66, 2016, Pages 815-824.
- NREL – NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY. **Floating Solar Photovoltaics Gaining Ground**. Disponível em: < https://www.nrel.gov/tech_deployment/state_local_governments/blog/floating-solar-photovoltaics-gaining-ground> Consulta em setembro de 2017.
- NREL – NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY. **Floating Solar Photovoltaics Gaining Ground**. Disponível em: < https://www.nrel.gov/tech_deployment/state_local_governments/blog/floating-solar-photovoltaics-gaining-ground> Consulta em setembro de 2017.
- PV MAGAZINE. **Brazil launches first stage of 10 MW floating PV system**. Disponível em: < https://www.pv-magazine.com/2016/03/07/brazil-launches-first-stage-of-10-mw-floating-pv-system_100023576/>. Consulta em setembro de 2017.
- STÜLP, K.; BRESSLER, R.; MOREIRA, L. S.; PENZ, M.; WEISS, A. A.; HENGEL, M. F. **determinação, avaliação e medidas de proteção de acidentes no trabalho em altura seguindo as recomendações da NR 35**. Revista dos Cursos de Arquitetura e Urbanismo, Engenharia Civil e Engenharia de Produção, ISSN 2525-3204, vol. 2, nº 1, 2017.
- ROUMPAKIAS, E.; STAMATELOS, A. **Comparative performance analysis of grid-connected photovoltaic system by use of existing performance models**. Energy Conversion and Management, vol. 150, 2017, Pages 14-25.
- ROUMPAKIAS, E.; STAMATELOS, A. **Comparative performance analysis of grid-connected photovoltaic system by use of existing performance models**. Energy Conversion and Management, vol. 150, 2017, Pages 14-25.
- PETERS, L.; MADLENER, R. **Economic evaluation of maintenance strategies for ground-mounted solar photovoltaic plants**. Applied Energy, vol. 199, 2017, Pages 264-280.

EVALUATION OF THE O & M KNOWLEDGE OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS BY PROFESSIONALS OF THE BRAZILIAN SOLAR ENERGY MARKET

Abstract: *This work presents an assessment of the vision of the professionals of the photovoltaic energy sector in relation to the importance of the operation and maintenance of these generators. We conducted structured interviews with fifteen professionals, such as architects, engineers and project managers responsible for*

designing, implementing and conducting scientific research with photovoltaic systems in Florianópolis and Uberlândia. The most relevant points of this survey were 20% of the interviewees have experience with the implementation of hybrid photovoltaic systems. The professionals interviewed have good experience working with photovoltaic systems, average of 2.7 years, compared to the 5 years of regulation of the connection of this type of generator in the electrical system. The floating system was indicated by 60% of respondents as the most complex to perform maintenance. Work safety was a point discussed during the interview, with 40% of respondents indicating that rooftop plants are the most complex systems to perform maintenance due to the risks associated with this height activity. This concern is extremely pertinent when analyzing the data of the World Labor Organization that points Brazil as one of the leaders in statistics of work accidents, with 40% of accidents recorded are from work activities at height. The installation of a photovoltaic system is a process that requires professionals from different areas of engineering and architecture. The operation and maintenance of these generators requires a great multidisciplinary knowledge necessary for the planning, understanding of the procedures and their respective periodicities, necessary to keep them functioning properly. It can be seen that they still lack a macro view of all the stages of design, implementation, monitoring, operation and maintenance of this type of plant.

Keywords: *Photovoltaic systems, Operation and maintenance, work at height.*