

CRITÉRIOS DE PRÉ-SELEÇÃO PARA A LOCALIZAÇÃO DA INSERÇÃO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA SOLAR FOTOVOLTAICA COM ARMAZENAMENTO DE ENERGIA NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

André Luis Carvalho Mendes – mendes.andre@ufv.br

Delly Oliveira Filho – delly@ufv.br

Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola

Olga Moraes Toledo – olgatoledo@leopoldina.cefetmg.br

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - Campus Leopoldina

Antônia Sônia Alves Cardoso Diniz – asacd@pucminas.br

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Marcio Eli Moreira de Souza – msouza@cemig.com.br

Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG D

3.5 Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede

Resumo. Diante a predominância de sistemas de fornecimento de energia elétrica centralizado, consolidados no decorrer dos anos, existe a tendência de uma alteração da estrutura atual, para uma nova estrutura com inserção da geração distribuída, a partir de fontes renováveis geradoras de eletricidade de pequeno e médio porte no sistema elétrico de potência. Com a maior inserção da geração distribuída no sistema elétrico de potência faz-se necessário estudos para que essa tecnologia venha a contribuir ao máximo no suprimento da demanda de energia elétrica, e para isso, vem sendo desenvolvido diversas metodologias de localização da Geração Distribuída (GD) com e sem armazenamento de energia. Visando grandes sistemas de distribuição percebeu-se possibilidade de restringir o âmbito de análise para discriminar locais com maior e menor interesse, assim evitando esforços desnecessários para a determinação de localização da GD.

Palavras-chave: Geração distribuída, Energia solar, Fotovoltaica.

1. INTRODUÇÃO

Em geral, os sistemas elétricos de potência, são constituídos por grandes sistemas centralizados, com longas linhas de transmissão em alta tensão e centros de distribuição de energia elétrica. Dentre as características usuais destes sistemas de potência citam-se como vantagens uma rede de alta capacidade e uma maior facilidade de planejamento, e como desvantagens a dificuldade no suprimento de cargas variáveis e fragilidade na propagação de faltas de energia (Passey, et al., 2011).

A utilização crescente da geração distribuída e de micro-redes tem mudado a concepção tradicional dos sistemas elétricos de potência. Dentre as principais vantagens dessas tecnologias citam-se: o fornecimento de energia para cargas localizadas, menor custo de investimento em linhas de transmissão, menores custos de operação e perdas nas linhas, diminuição da geração centralizada e da capacidade da rede, melhoria do fator de carga, possibilidade de planejamento do atendimento do crescimento da demanda de forma modularizada, diminuindo investimentos e aumento da confiabilidade, bem como possibilidades de redução da poluição ambiental (Zhang et al., 2008).

O efeito fotovoltaico é uma das possíveis formas de conversão da energia solar em energia elétrica que ocorre em dispositivos conhecidos como células fotovoltaicas.

O crescimento da produção mundial da indústria de geração fotovoltaica foi superior a 35% em relação a 2010, segundo a Photon International. Destaca-se o crescimento superior a 100% em 2010 em relação a 2009, segundo todas as fontes. A China é o maior produtor mundial, com mais de 50% da produção de células solares disponíveis no mercado e mais de 75% da produção mundial da geração fotovoltaica está concentrada na Ásia. A Figura 1 apresenta a evolução histórica da produção fotovoltaica no período 1993-2011 (Kazmerski, 2012).



Figura 1 - Evolução histórica da produção fotovoltaica mundial no período 1993-2011 (Kazmerski, 2012).

No entanto, para que a tecnologia fotovoltaica se torne competitiva com as opções energéticas convencionais, ainda é necessário um esforço científico e tecnológico significativo, para reduzir os custos de produção. Bem como o desenvolvimento de marco regulatório que permita uma maior penetração das tecnologias de GD no mercado.

A decisão da localização ótima da geração de energia elétrica distribuída com ou sem armazenamento de energia é complexa, pois envolve análises multivariadas. Além do mais, algumas concessionárias de energia elétrica possuem dimensões bastante elevadas, como por exemplo, a CEMIG, que é a maior empresa no segmento de distribuição de energia elétrica do Brasil, com cerca de 10,8 milhões de consumidores em 805 municípios dos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, tendo um sistema de distribuição de energia elétrica com 466,679 km de linhas de distribuição e uma capacidade instalada de 6.896 MW, ano base 2012 (CEMIG, 2013).

Dentre as ferramentas utilizadas nas análises de sistemas elétricos destacam-se as técnicas de modelagem matemática e simulação computacional dos sistemas elétricos de potência. Estas técnicas têm o intuito de investigar resultados a partir de um modelo matemático, que represente um fenômeno ou um comportamento físico para reduzir riscos na tomada de decisão, identificar problemas antes de suas ocorrências, e de excluir processos que não auxiliam nas análises quantitativas. Além do mais, a modelagem matemática e simulação computacional permitem que seja investigada a viabilidade técnica e econômica de um projeto antes de sua execução (Carleto, 2006).

Em grandes sistemas de distribuição de energia elétrica, como é o caso da CEMIG, é de grande valia a utilização de mecanismos que sintetizem e facilitem análises do sistema de distribuição de energia elétrica para o seu melhor planejamento. E uma das maneiras possíveis, é por meio da classificação. É importante ressaltar que a injeção da potência de fontes energéticas descentralizadas em lugares inapropriados, sem o controle de tensão, pode resultar em um aumento nas perdas elétricas no sistema e em indesejáveis níveis de tensão, fora dos limites aceitáveis. Portanto, é necessário reconhecer que a correta localização das fontes de GD é importante para o desenvolvimento e planejamento das redes de distribuição (Barin et al., 2012).

2. OBJETIVO GERAL

Propor critérios de pré-seleção de locais para inserção da geração distribuída fotovoltaica e armazenamento de energia do ponto de vista de concessionária de distribuição de energia elétrica.

2.1 Objetivos Específicos

- Investigar possíveis critérios de pré-seleção de locais para inserção da geração distribuída fotovoltaica e do armazenamento de energia.
- Classificar os critérios de pré-seleção de locais para inserção da geração distribuída fotovoltaica e armazenamento de energia quanto à seletividade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram pesquisadas as principais características que possivelmente influenciam na localização da GD com ou sem armazenamento, e definido os possíveis critérios de pré-seleção, a fim de facilitar a análise de localização da GD com armazenamento de energia em grandes sistemas de fornecimento de energia.

3.1 Investigação de critérios

A investigação de possíveis critérios de pré-seleção de locais para inserção da geração distribuída fotovoltaica e do armazenamento de energia iniciou pelo estudo das características de um sistema de distribuição de energia quanto a:

- (i) Rede de distribuição;
- (ii) Localização;
- (iii) Instalação;
- (iv) Custo de conexão; e
- (v) Prioridade da carga.

3.2 Classificação dos critérios

Foi feita a classificação dos critérios de pré-seleção de locais para inserção da geração distribuída fotovoltaica e armazenamento de energia quanto à seletividade, visando facilitar o planejamento elétrico.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os possíveis critérios de pré-seleção definidos, foi analisada qualitativamente e quantitativa a aplicação desses critérios, e os resultados estão descritos a seguir.

4.1 Investigação de critérios

Foram investigados diferentes critérios de pré-seleção e os principais fatores que justificam a sua adoção, conforme demonstrado a seguir.

Rede de distribuição

Um dos aspectos investigado como possível critério de pré-seleção de locais para inserção de GD e armazenamento de energia foi caracterização da rede de distribuição quanto ao:

- (i) Tipo de rede: convencional, compacta e subterrânea;
- (ii) Sistema de alimentação: monofásico ou trifásico; e
- (iii) Tipo de alimentador: rural ou urbano.

Velasco et al, 2006, analisaram os custos de implantação e manutenção das redes de fornecimento de energia elétrica convencional, compacta e subterrânea. Concluíram que os custos de manutenção e instalação da rede apresentam valores distintos dependendo do tipo de rede a ser instalado.

A definição quanto à exigência alimentação monofásica ou trifásica pode ser exigida por questões técnicas ou estratégicas, assim com a exigência do alimentador rural ou urbano.

Assim, percebe-se que o tipo de linha não é um fator que impossibilita a recepção de uma possível alocação de GD, porém devido à diferença de custo observada, questões técnicas e prioridade de alimentadores rurais ou urbanos, é conveniente, se possível, quantificar como mais atraente um determinado tipo de rede de distribuição.

Localização

A localização da GD e do armazenamento de energia foi considerada quanto a:

- (i) Disponibilidade de local;
- (ii) Custo da utilização do local;
- (iii) Disponibilidade da radiação solar; e
- (iv) Radiação média da região.

Os equipamentos utilizados na geração distribuída com ou sem armazenamento necessitam de um local adequado para sua instalação, esse pode ter um custo de utilização do espaço, caso seja alugado, ou não havendo esse custo, o espaço seja de propriedade do agente gerador ou um espaço cedido para essa finalidade.

Na locação de um espaço para a instalação da geração distribuída com ou sem armazenamento de energia, regiões densamente povoadas apresentam, em geral, altos valores de concessão, devido à valorização do imóvel ocorrida pela exploração econômica, deixando-os pouco atraente para utilizar o sistema proposto.

Na Figura 2 se mostra o custo médio de terreno para a região metropolitana de Belo Horizonte – MG, que foi utilizado como base para regiões urbanas de todo o estado de Minas Gerais.

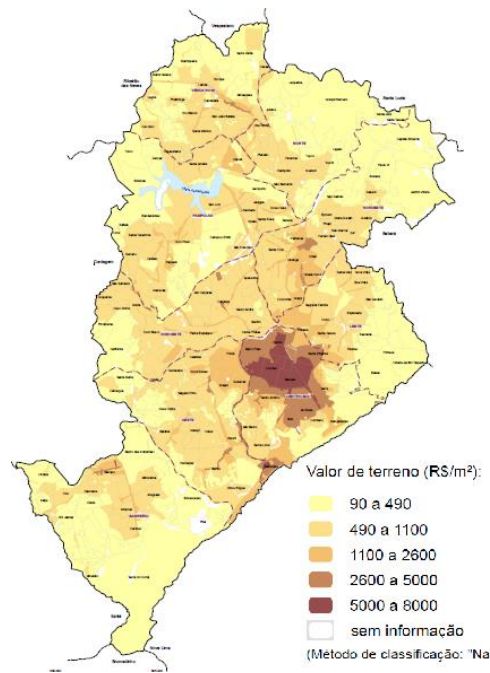


Figura 2 – Valor médio de terreno na Região Metropolitana de Belo Horizonte - MG

Se a GD for advinda da energia solar fotovoltaica, a disponibilidade de radiação é um fator primordial para sua utilização, pois a existência de construções ou equipamentos próximos ao sistema de geração poderá provocar um sombreamento no mesmo. Assim será necessário averiguar a possibilidade de sombreamento no local da instalação do sistema.

Outro fator importante para a melhor absorção de energia solar pelos módulos fotovoltaicos a se analisar, seria a radiação solar média na região onde se pretende instalar a GD, que está disponível no documento Atlas Solarimétrico de Minas Gerais. Em seguida está ilustrada na Figura 3 a radiação solar direta normal diária média anual para Minas Gerais (Minas Gerais, 2013).

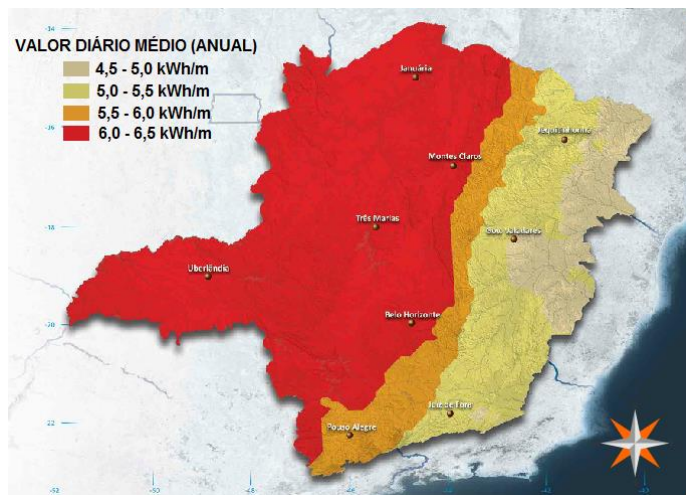


Figura 3- Radiação solar direta normal diária média anual para Minas Gerais (Minas Gerais, 2013).

Com o exposto acima, pode-se perceber a importância da localização da GD com ou sem armazenamento de energia, nos custos e no funcionamento do sistema.

Instalação

Também foram considerados aspectos da instalação elétrica como:

- (i) Idade e estado de conservação das instalações que receberão a GD e o armazenamento de energia; e
- (ii) Existência de equipamentos de controle e automação que facilitem a instalação da GD com e sem armazenamento de energia.

De maneira geral, todos os equipamentos são aperfeiçoados com o desenvolvimento de novas tecnologias. Assim, os equipamentos encontrados no sistema elétrico de potência também são cada vez mais dotados de sistemas de proteção e controle, que poderão influenciar de forma decisiva. Além do mais, a GD e o armazenamento de energia necessitam de maiores cuidados com relação aos critérios de controle e proteção para poder injetar energia no sistema sem causar maiores problemas.

Nota-se, em geral, que as instalações mais recentes necessitam em menor frequência de manutenção, assim permanecem menos tempo desligadas para tal. Portanto, para um maior aproveitamento da GD seria interessante a instalação em unidades mais recentes, assim, evitando o não aproveitamento da GD e do armazenamento de energia, no período que a unidade estiver desligada para manutenção.

A utilização de sistema de controle e proteção exigido na GD, com ou sem armazenamento de energia elétrica previamente instalada em um determinado local, pode se tornar um fator interessante, pelo fato da não necessidade de adquirir esse equipamento.

Assim, as caracterizações da instalação elétrica quanto à sua idade e equipamentos já instalados poderão representar um fator importante no critério de pré-seleção de locais para instalação GD com ou sem armazenamento de energia.

Custo de conexão

Para a instalação da GD com armazenamento de energia são necessários equipamentos específicos que permitem a conexão dessa tecnologia à rede de distribuição de energia elétrica daquele local. Os custos dos equipamentos e suas respectivas conexões são descritos a seguir:

- (i) Necessidade de equipamentos de controle e automação, em função do nível de tensão;
- (ii) Custos de manutenção e instalação; e
- (iii) Fatores que afetam a análise econômica como local, custos da energia para carga das baterias; custos de operação; custos de oportunidade, entre outros.

Atualmente, para se conectar a uma distribuidora de energia elétrica são realizadas algumas análises a fim de resguardar o pleno funcionamento do sistema e apresentar a melhor opção para o acessante. Dentre as análises realizadas, encontra-se a aplicação do critério de menor custo global, onde é feito um levantamento dos locais aptos e seus respectivos custos para se conectar à distribuidora. Os critérios que norteiam o cálculo do critério de menor custo global são: (ANEEL, 2013)

- a) Demanda (pesada, média e leve) por subestação;
- b) Custo dos investimentos;
- c) Custo de operação e manutenção;
- d) Custo das perdas;
- e) Custo ambiental; e
- f) Valor residual dos equipamentos e instalações.

Em se tratando da geração distribuída solar, o custo de investimento é considerado elevado. No entanto, é possível notar diminuição nos custos de investimento dessa fonte de energia, na proporção de 5% ao ano.

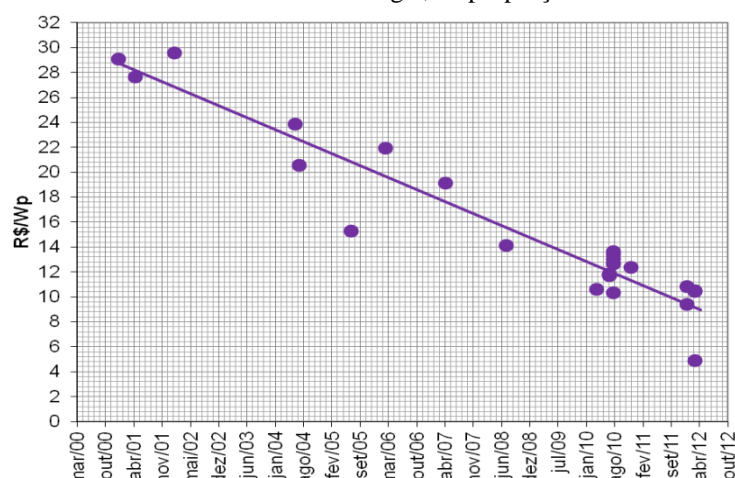


Figura 4- Custos históricos de geradores fotovoltaicos de silício cristalino no Brasil (Galdino, 2012).

A Figura 4 mostra a evolução dos custos dos módulos fotovoltaicos no Brasil, desde 2001. Nela se observa a tendência de queda no preço, que de acordo com a interpolação linear é de cerca de 1,70 R\$/Wp ao ano. Contudo,

ressalta-se que valores menores podem ser encontrados, e o menor valor constante nos dados disponíveis é inferior, atingindo 4,9 R\$/Wp, para aquisição de grandes quantidades (Galdino, 2012).

Assim, entende-se que os custos de conexão deverão ser um fator a analisar para compor um critério de pré-seleção, na análise da localização GD com e sem armazenamento de energia.

Prioridade da carga

Também foi considerada relevante a instalação da GD com armazenamento próximo a local de extrema importância, para o pleno funcionamento das atividades econômicas e da sociedade de modo geral, como por exemplo; hospitais, centros de controle e aeroportos, dentre outros.

Assim seria justificável um maior investimento em sistemas de energia de *back-up* e sistemas de maior confiabilidade nestes locais. Uma das técnicas utilizadas para isso é a geração distribuída com armazenamento de energia elétrica.

O sistema de armazenamento, instalado próximo de alguma carga de vital importância, poderá ser utilizado como energia de emergência para esses locais, evitando gastos com geradores, que em sua maioria tem como combustível o diesel.

4.2 Classificação dos critérios

Após a descrição da influência de cada critério de pré-seleção, foi realizada uma análise quantitativa a fim de demonstrar a representatividade de cada critérios e os resultados estão expostos a seguir.

Rede de distribuição de energia elétrica

A rede de fornecimento de energia elétrica de média tensão (13,8kV, 23,1kV e 34,5kV) é constituída de 75 % de rede de distribuição aérea (RDA), 24% rede de distribuição protegida (RDP) e 1% de rede isolada aérea e subterrânea (RI). Enquanto na baixa tensão é constituída por 52 % RI e 48% de RDA, segundo dados fornecidos pela própria concessionária de energia.

Com relação aos consumidores atendidos pela CEMIG, 90,42% de consumidores são considerados urbanos e 8,60% são considerados rurais, Quadro 1.

Quadro 1 – Número de consumidores da concessionária CEMIG

Empresa CEMIG	Número de consumidores					
	Residencial	Industrial	Comercial	Rural	Outras	Total
	5.148.517	72.387	556.893	549.736	62.135	6.389.668
Número de consumidores em porcentagem						
	80,58%	1,13%	8,72%	8,60%	0,97%	100,00%
	Urbano			Rural	Outras	Total
	90,42%			8,60%	0,97%	10,00%

Fonte: Adaptado de Notas de revisão tarifária da Aneel, 2012.

Tendo como referência os números de transformadores da CEMIG, estima-se que 79,99% dos clientes são atendidos com alimentação monofásica, enquanto 20,01% são atendidos com alimentação trifásica.

Com estas informações podem-se caracterizar as redes de distribuição direcionando a análise da localização ótima da GD com ou sem armazenamento, evitando a análise de locais impróprios ou favorecendo locais mais indicados pelo critério de pré-seleção.

Localização

Analisando a Figura 2, estima-se que 49,02% da região metropolitana de Belo Horizonte tenha o valor do terreno, em R\$/m², entre 90 a 490; 40,83% entre 490 a 1.100; 5,20% entre 1.100 a 2.600; 3,07% entre 2.600 a 5.000 e 1,21% entre 5.000 a 8.000 R\$/m².

Observando a Figura 3, nota-se que as regiões centrais e oeste do estado de Minas Gerais têm as maiores médias de radiação solar direta incidente. Sendo, aproximadamente, 8,95% do território mineiro com médias entre 4,5, e 5,0, 18,76% entre 5,0 e 5,5, 12,03% entre 5,5 e 6 e 60,25% entre 6,0 e 6,6 kWh/m².

Contudo, haverá necessidade de estudos complementares para identificar locais que, por algum motivo esteja indisponível, ou a existência de algum objeto (ex. construções e árvores) que acarretem no sombreamento nos módulos fotovoltaicos, que é um fato indesejado.

Com a quantificação descrita acima se pode evitar a análise de determinado local ou evidenciar melhores locais, para a utilização da metodologia de localização ótima da GD com ou sem armazenamento.

Instalação

Em consulta ao sistema de informação da CEMIG, estima-se que as idades médias dos principais componentes do sistema de fornecimento de energia elétrica são:

- Transformadores de distribuição: 20 anos
- Reguladores de tensão: 20 anos
- Seccionalizadores: 15 anos
- Religadores: 15 anos
- Chaves fusíveis :12 anos
- Chaves facas : 18 anos

Porém não são encontradas na base de dados pesquisados da CEMIG informações sobre a idade de cada um desses dispositivos utilizados. Sendo assim, há necessidade de maiores informações sobre esses equipamentos para que esse critério de pré-seleção, seja utilizado. Uma alternativa, para auxiliar na estimativa da idade desses equipamentos seria verificar o histórico de manutenção.

A importância desse critério está relacionada com a provável correlação entre a idade e a tecnologia de equipamentos elétricos.

Custo de conexão

A análise do custo de conexão é totalmente dependente das características técnicas da geração distribuída e do armazenamento de energia. O cálculo do custo global depende da distância do ponto de conexão e os equipamentos de controle, do percurso dos cabos de energia, entre outros fatores.

Outro fator que influencia nos custos de investimentos são os valores dos geradores fotovoltaicos, da unidade de controle e custo de instalação, aos quais apresentam decréscimo no seu valor ao longo dos anos, como demonstrado anteriormente, além do fator de escala, que altera em grandes proporções o custo unitário.

Com isso, será necessário determinar, mesmo que de forma estimada, esses custos para efetivar a utilização desse critério de pré-seleção.

Prioridade da carga

Utilizando como referência a região metropolitana de Belo Horizonte – MG com área total de 330,95 km², foi realizada uma pesquisa sobre os locais prioritários, e estimou-se como sendo 30 para essa região. Considerando como área útil para inserção da GD nesses locais de 1km², essas áreas somadas representam cerca de 11 % da área total da região.

Assim, sendo uma prioridade estratégica a instalação da GD com armazenamento próximo a um local prioritário, pode-se restringir de forma significativa o âmbito de análise.

Discussão

Após descrever detalhadamente os critérios de pré-seleção, foi realizada uma análise qualitativa da seletividade de cada critério, juntamente com o resumo de sua caracterização e a sua motivação, Quadro 2. Para essa análise, foram considerados como alta seletividade os critérios mais relevantes, onde, provavelmente, sua condição poderá inviabilizar ou favorecer a instalação da GD com ou sem armazenamento de energia. Os critérios classificados com baixa seletividade dificilmente irão impossibilitar a instalação do sistema proposto, porém poderão ser um fator incentivador ou não de cada local. A classificação média foi atribuída aos critérios que necessitam de maior atenção, podendo incentivar ou desestimular a instalação do sistema nesses locais.

Quadro 2 - Seletividade, caracterização e motivação dos critérios de pré-seleção

Critério de pré-seleção	Caracterização do critério	Motivação	Seletividade
Rede de Distribuição de Energia Elétrica	Subterrânea, aérea e compacta	O custo de conexão e de manutenção varia de acordo com tipo de linha	Baixa
Localização	Áreas densamente povoadas e urbanas, sem radiação direta, sem acesso.	Existe a necessidade de alocação dos equipamentos de geração e de armazenamento de energia	Alta
Instalação	Antigas, novas, com determinados equipamentos.	Locais onde o sistema de distribuição apresenta grande percentual de falta de	Mediana

		energia elétrica, ou utiliza equipamentos mais antigos, não são aconselháveis para instalação da GD com ou sem armazenamento.	
Custo de Conexão	Custo calculado para se conectar à distribuidora de energia elétrica	É realizada a análise do custo global, para diminuir ao máximo o valor do investimento ao se conectar à distribuidora de energia elétrica.	Baixa
Prioridade da carga	Aumentar a confiabilidade do sistema que atende locais de extrema importância, podendo até servir de energia de <i>Backup</i> .	Existem cargas que a interrupção do fornecimento de energia elétrica implica em grandes prejuízos para a sociedade, tais como, hospitais, centros de controle e outros.	Mediana

A fim de fornecer algum balizamento quantitativo para auxiliar a abrangência de cada critério de pré-seleção, foi realizada pesquisa tendo como base o sistema de fornecimento de energia elétrica da CEMIG, e os resultados estão apresentados, de forma resumida, no Quadro 3.

Quadro 3 - Descrição quantitativa dos critérios de pré-seleção

Critério de pré-seleção	Descrição quantitativa
Rede de Distribuição de Energia Elétrica	Com relação aos consumidores atendidos pela CEMIG, 90,42% de consumidores da CEMIG são considerados urbanos e 8,60% são considerados rurais. A rede de fornecimento de energia elétrica de média tensão (13,8kV, 23,1kV e 34,5kV) é constituída de 75 % de rede de distribuição aérea (RDA), 24% rede de distribuição protegida (RDP) e 1% de rede isolada aérea e subterrânea (RI). Enquanto na baixa tensão é constituída por 52 % RI e 48% de RDA, segundo dados fornecidos pela própria concessionária de energia
Localização	Estima-se 49,02% da região metropolitana de belo horizonte tem o valor do terreno entre 90 a 490, 40,83% tem entre 490 a 1100, 5,20% tem entre 1100 a 2600, 3,07% tem entre 2600 a 5000 e 1,21% tem entre 5000 a 8000 a 1100, valores em R\$/m ² . Nota-se que as regiões centrais e oeste têm as maiores médias de radiação solar direta incidente. Sendo, aproximadamente, 8,95% do território mineiro com médias entre 4,5, e 5,0, 18,76% entre 5,0 e 5,5, 12,03% entre 5,5 e 6 e 60,25% entre 6,0 e 6,6 kWh/m ² .
Instalação	Verificar se a idade dos equipamentos, dar preferência para os equipamentos mais novos e verificar a estado de conservação dos mesmos. Para efeito de comparação as idades médias dos equipamentos são: - Transformadores de distribuição: 20 anos - Reguladores de tensão: 20 anos - Seccionadoras: 15 anos - Religadores: 15 anos - Chaves fusíveis :12 anos - Chaves facas : 18 anos
Custo de Conexão	Verificar os locais que apresentam menor custo de conexão e menor custo e operação e manutenção.
Prioridade da carga	Considerando que uma cidade contém no máximo 30 locais considerados prioritários, tais como: hospitais, aeroportos cetros de controle. Considerando como área 1km ² . Estimasse que essas áreas somadas representem em torno de 11% da área total.

No intuito de auxiliar na aplicação de metodologia de localização da inserção da GD com ou sem armazenamento de energia, foram desenvolvidos os critérios de pré-seleção visando diminuir o horizonte de análise da aplicação da metodologia.

Os critérios de pré-seleção foram escolhidos com base nas principais características dos sistemas de fornecimento de energia mais utilizados pelas concessionárias.

No entanto, poderão e deverão ser incluídos critérios de pré-seleção relevantes para um determinado sistema de distribuição peculiar, bem como poderão ser excluídos alguns critérios de pré-seleção aqui citados.

A maioria dos critérios de pré-seleção possibilita fazer a análise quantitativa, porém alguns necessitam de informações que não foram possíveis de serem levantadas, como por exemplo, a idade dos equipamentos. Outro

exemplo é a determinação de características específicas como o sombreamento, que necessita averiguar a presença de algum objeto obstruindo o acesso à radiação solar.

As análises desse trabalho foram realizadas com base nos sistemas da concessionária de energia CEMIG, que é uma das instituições parceiras no projeto P&D 308, o qual financiou essa pesquisa. No entanto, acredita-se que os trabalhos aqui realizados podem ser extrapolados para todas as demais concessionárias de energia.

5. Conclusão

É importante a definição de pré-critérios para a localização da geração distribuída tendo em vista a complexidade e o tamanho do sistema elétrico de potência ao nível de distribuição de energia elétrica. O uso de pré-critérios agiliza a definição da localização da GD. Esses pré-critérios devem ser sempre avaliados visando o aperfeiçoamento da metodologia de definição da localização da GD.

Agradecimentos

Os autores são gratos à ANEEL-CEMIG D, ao CNPq e à FAPEMIG pelo apoio financeiro para a realização dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ANEEL, 2013. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST. Acessado em maio, 2013 no site: <http://www.aneel.gov.br/>.
- Barin, A.; Canha, L. N.; Abaide, A.R.; Machado, R.Q., Methodology for placement of Dispersed Generation Systems by analyzing its Impacts in Distribution Networks, Latin America Transactions, IEEE - Revista IEEE America Latina ,vol.10, no.2, p.1544,1549, março, 2012.
- Carleto, N., A Importância da Simulação Computacional em Projetos de Sistemas na Área de Engenharia Elétrica, 2º Congresso Brasileiro de Sistemas, Ribeirão Preto – SP, 2006.
- CEMIG, Centrais Energéticas de Minas Gerais, www.cemig.com.br, data da consulta 02/05/2013
- Galdino, M. A., Análise De custos históricos de sistemas fotovoltaicos No Brasil , IV Congresso Brasileiro de Energia Solar e V Conferencia Latino-Americana da ISES – São Paulo, setembro , 2012.
- Kazmerski, L. L.; Comunicação in: 38th IEEE Photovoltaic Specialist Conference; Austin, U.S.A.; 2012.
- Minas Gerais, Atlas Solarimétrico de Minas Gerais, acessado em 01 de abril de 2013, disponível em <https://www.matrizlimpa.com.br/index.php/2013/02/atlas-solarimetrico-de-minas-gerais/4450>
- Passey, R. Spooner, T. Macgill, I. Watt, M. Syngellakis, K. The potential impacts of grid-connected distributed generation and how to address them: A review of technical and non-technical factors, Energy Policy, Volume 39, p. 6280-6290, outubro, 2011.
- Toledo, O. M.; Oliveira Filho, D.; Diniz, A. S. A. C.; Martins, J; VALE, M. H. M., "Methodology for Evaluation of Grid-Tie Connection of Distributed Energy Resources—Case Study With Photovoltaic and Energy Storage," Power Systems, IEEE Transactions on , vol.28, no.2, pp.1132,1139, maio, 2013.
- Velasco, G. D. N., Lima, A. M. L. P., Couto, H. T. Z., Análise comparativa dos custos de diferentes redes de distribuição de energia elétrica no contexto da arborização urbana, Revista Árvore, Viçosa-MG, v.30, n.4, p.679-686, 2006.
- Zhang, Y. Mao, M. Ding, M. Chang, L., Study of energy management system for distributed generation systems, Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies, 2008. DRPT 2008. Third International Conference , p.2465,2469, Abril, 2008.

PRE-SELECTION CRITERIA FOR THE LOCATION OF THE INSERTION OF PHOTOVOLTAIC SOLAR DISTRIBUTED GENERATION WITH ENERGY STORAGE IN THE POWER DISTRIBUTION SYSTEM

Abstract. *In the face of predominance of centralized supply of electricity, consolidated over the years, there is a trend for a change in the current structure to a new structure with integration of distributed generation from renewable sources of small and medium size on electrical power system. With greater integration of distributed generation in electric power system studies are necessary to make this technology will to contribute the maximum in the supply of electricity demand, in this regard, several methodology for the location of Distributed Generation (DG) has been developed with and storage without. Aiming large distribution systems was perceived the possibility of restricting the scope of analysis to discriminate sites with higher and lower interest, thus avoiding unnecessary efforts to determination the location of DG.*

Key words: Distributed generation, Solar Energy, Photovoltaics.