



Grupo de Estudo de Planejamento de Sistemas Elétricos-GPL

Contribuição de Capacidade de Fonte Solar Fotovoltaica Instalada na Área Livre da Usina de Itumbiara – Relevância e Limites no Contexto do Setor Elétrico Brasileiro

NILTON BISPO AMADO⁽¹⁾; CARLOS GERMÁN MEZA GONZÁLEZ⁽¹⁾; JACINTO MAIA PIMENTEL⁽²⁾; DIOGO OLIVEIRA BARBOSA DA SILVA⁽¹⁾; DEMÓSTENES BARBOSA DA SILVA⁽¹⁾;
(1): BASE Energia; (2): Furnas;

RESUMO

Do ponto de vista da operação do sistema elétrico, usinas sem potência firme confiável têm pouco valor econômico. Afinal, uma tarefa fundamental do sistema elétrico é satisfazer a demanda do sistema com níveis mínimos pré-estabelecidos de confiabilidade. Uma vez que a contribuição energética per se das usinas não é condição suficiente para o planejamento e operação do sistema elétrico, há muito tempo vêm sendo desenvolvidas metodologias e indicadores para avaliar a contribuição efetiva de potência das usinas instaladas, denominados crédito de capacidade ou valor de capacidade.

Os métodos para estimar o crédito de capacidade podem ser agrupados em duas grandes categorias. O primeiro conjunto de métodos utiliza técnicas de avaliação da confiabilidade de sistemas de potência. Recentemente, e com o avanço da geração elétrica renovável e intermitente (tais como eólica e solar) os métodos probabilísticos aplicados nestas metodologias foram estendidos para mensurar a contribuição de capacidade destas fontes intermitentes. Dentre tais métodos incluem-se os métodos da potência convencional equivalente (Equivalent Conventional Power - ECP), Capacidade Efetiva de Atendimento da Carga (Effective Load Carrying Capability - ELCC) e Capacidade Firme Equivalente (Equivalent Firm Capacity - EFC). Tais métodos fundamentam-se nos indicadores Probabilidade de Perda de Carga (Loss of load probability - LOLP) e Expectativa de Perda de Carga (Loss of Load Expectation - LOLE). O supramencionado indicador LOLP é definido como a probabilidade de que a carga seja maior que a capacidade de geração disponível num dado período de tempo (tipicamente, numa dada hora). O LOLE é a soma dos LOLPs obtidos ao longo de um determinado período (tipicamente, um ano). O segundo conjunto de métodos para o cálculo do crédito de capacidade usa técnicas de aproximação, são mais simples e seus resultados variam em precisão. Dentre tais métodos, pode-se citar o método de Garver, o método Z e aproximação pelo fator de capacidade de horas críticas. Embora ainda não haja consenso quanto a qual metodologia utilizar para mensurar o crédito de capacidade das fontes intermitentes, claramente tem ganhado destaque a utilização do ELCC, que mensura o aumento de carga que pode ser suprido mantendo-se o nível de confiabilidade pré-existente (medido a partir do indicador LOLE), para um dado nível de inserção de fonte intermitente (por exemplo, 100 MW inseridos no sistema).

Neste trabalho, avaliamos o efeito da inserção de usina solar fotovoltaica instalada em área livre disponível no entorno da Usina de Itumbiara, pertencente à FURNAS. Avaliaremos a contribuição de capacidade de usinas inseridas de maneira escalonada (100 MW, 200 MW, 300 MW, 400 MW, 500 MW, 600 MW, 700 MW, 800 MW, 900 MW, 10000 MW) no subsistema Sudeste, levando em conta a curva de carga deste subsistema e os geradores despacháveis instalados no mesmo. Será utilizada a ferramenta Renewable Energy Probabilistic Resource Assessment (REPR), programa desenvolvido na linguagem R pelo National Renewable Energy Laboratory (NREL), o qual permite o cálculo do ELCC das fontes a partir: (i) da capacidade e disponibilidade das fontes despacháveis pré-existentes; (ii) da curva de carga a ser atendida; (iii) da curva de produção da fonte

(*) Rua Helena, 280 – Cj. 708 São Paulo - SP, Brasil. Tel/Fax: (+55 11) 11 3045-8235, Email: nbamado@gmail.com.

intermitente. Além do cálculo do crédito de capacidade por meio da ferramenta REpra, os autores também discutem a importância do desenvolvimento de métricas para mensurar a contribuição de capacidade (potência) de fontes intermitentes, tais como implicações econômicas e ajustes necessários para aplicação da metodologia no contexto brasileiro. Esta pesquisa é parte dos trabalhos a serem desenvolvidos no P&D 00394-1606/2016 denominado Aplicabilidade de novas tecnologias de armazenamento de energia em suporte à sinergia entre as fontes solar e hidrelétrica, apresentado pela empresa FURNAS.

Os resultados contribuirão para difundir o conceito de crédito de capacidade no contexto brasileiro e, conseqüentemente, facilitar a inserção de energias renováveis e tecnologias modernas de armazenamento, na medida em que permite quantificar não apenas a contribuição energética das fontes renováveis intermitentes, mas também sua contribuição em termos de potência, o que por sua vez permitirá orientar de maneira mais precisa as políticas públicas e a regulação da inserção de tais tecnologias no contexto brasileiro.

PALAVRAS-CHAVE

Crédito de Capacidade, Valor de Capacidade, Fonte Solar Fotovoltaica

1.0 INTRODUÇÃO

A inserção das fontes de geração nos sistemas elétricos depende em larga medida de duas variáveis, energia e potência. Tanto a energia disponibilizada pela fonte ao longo do tempo (tipicamente, as análises consideram a energia entregue ao longo do ano) quanto a potência entregue são fatores cruciais. Para mensurar a contribuição energética das fontes, tipicamente emprega-se a figura de mérito fator de capacidade, que é razão entre a energia total entregue pela fonte ao longo de determinado período e a energia que seria entregue caso a fonte operasse à sua capacidade máxima durante todo o período. Para fontes despacháveis, o fator de capacidade mostra-se como razoavelmente suficiente para avaliar a contribuição da fonte: em tese, sempre que necessário será possível acionar a fonte em termos mais ou menos convergentes com o seu fator de capacidade.

Mas e quanto às fontes intermitentes? Qual a contribuição de uma planta solar ou eólica para atender a demanda instantânea do sistema? Se instalamos uma planta solar fotovoltaica de 100 MW? Quanto disso contribui para aumentar a segurança energética? Hoje, planeja-se o sistema considerando que estas fontes não contribuem para a segurança energética em termos de potência, apenas em termos de energia. Tal premissa pode ser considerada uma simplificação válida nas fases iniciais do desenvolvimento destas tecnologias, mas além de equivocada pode inviabilizar o desenvolvimento subsequente das mesmas, tanto em termos ambientais quanto econômicos. Afinal, se a contribuição de capacidade das fontes renováveis que mais crescem é nula, então muito provavelmente teremos que fazer uso de fontes despacháveis fósseis para atender os picos de carga.

Obviamente, o fato de não sabermos qual a contribuição de capacidade das fontes intermitentes não significa que ela seja nula. Dada a inserção crescente de fontes renováveis intermitentes, tanto pelo aumento da competitividade econômica quanto por razões ambientais, a área de planejamento dos sistemas elétricos tem desenvolvido metodologias para mensurar a contribuição de capacidade de tais fontes (NERC, 2011) (1). O cálculo da figura de mérito valor de capacidade (VC) para fontes intermitentes pode ser feito segundo várias metodologias diferentes. Essencialmente, mede quantos MW da potência instalada contribuem para satisfazer a demanda obedecendo a parâmetros objetivos e quantitativos de confiabilidade. Por exemplo, dada uma configuração de rede, podemos estar interessados em saber quantos dos 100 MW da planta solar instalada em certo local contribuem para atender a demanda. Ou, de outro modo, qual o percentual da potência instalada contribui para atender a demanda, neste caso fala-se em crédito de capacidade (CC).

Os métodos para calcular o CC se dividem em duas categorias. O primeiro grupo é baseado nos indicadores de confiabilidade do sistema elétrico, especificamente a probabilidade de perda de carga (LOLP - *Loss of Load Probability*) e a expectativa de perda de carga (LOLE - *Loss of Load Expectation*). O LOLP é definido como a probabilidade que a carga do sistema seja maior que a potência de geração disponível em determinado período de tempo (tipicamente, cada período tem duração de 1 hora e totalidade dos períodos perfaz 1 ano). LOLE é calculado pela soma dos LOLPs observados durante um período de planejamento, tipicamente um ano. Este primeiro conjunto de métodos é na verdade herdeiro direto das metodologias de confiabilidade há muito aplicadas no setor elétrico (Billinton and Allan, 1984) (2).

O segundo grupo de métodos são baseados em aproximações mais simples, exigem menor quantidade de dados e são menos intensivos em termos computacionais (Madaeni, Sioshanshi e Denholm, 2012) (3). Embora sua precisão seja limitada, podem ser úteis para fazer uma avaliação inicial. A Figura 1.1 apresenta um esquema dos dois tipos de métodos para calcular o VC.

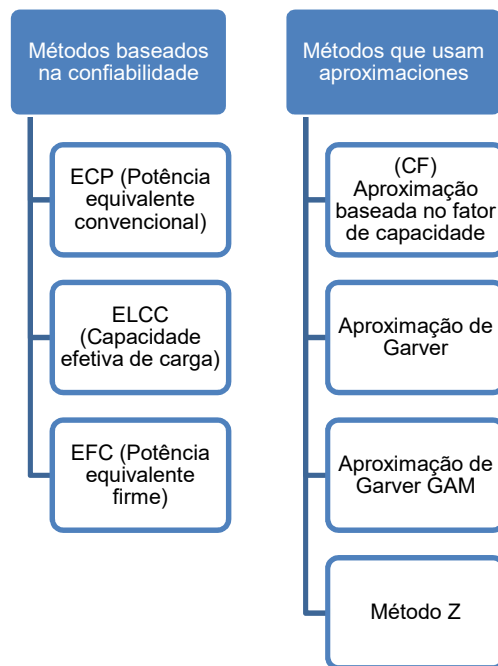


Figura 1.1 - Métodos para calcular o Crédito de capacidade (CC). Fonte: Baseado em Madaeni, Sioshanshi e Denholm (2012).

Cada um dos métodos utilizados tem requerimentos de dados, procedimentos e equações específicos para serem realizados e, conforme dito anteriormente, a complexidade para aplicar os métodos é variável. Uma boa introdução à aplicação destes métodos no contexto da inserção das renováveis é Madaeni, Sioshanshi e Denholm (2012). Neste trabalho, não pretendemos fazer uma apresentação exaustiva destes métodos, mas apenas indicar a conveniência e aplicabilidade do conceito do desenvolvimento de metodologias que permitam mensurar a contribuição de potência de fontes intermitentes, por meio da figura de mérito ainda pouco conhecida crédito de capacidade (principalmente quando se compara com a figura de mérito utilizada para mensurar a contribuição energética das fontes, o fator de capacidade, que é já amplamente conhecida no setor elétrico).

Para caminhar neste sentido, calculamos o crédito de capacidade de usinas solares fotovoltaicas instaladas na área da Usina de Itumbiara, de propriedade de FURNAS Centrais Elétricas. O objetivo deste estudo é aplicar o método de capacidade efetiva de carga (ELCC) (Garver, 1966) (4) para calcular o Crédito de Capacidade (CC) da inclusão de usinas fotovoltaicas no sistema sudeste.

2.0 MATERIAIS E MÉTODOS

Embora não exista unanimidade quanto a qual metodologia usar para calcular o valor de capacidade, é notória crescente preferência pelo indicador ELCC (Effective Load Carrying Capability – Capacidade Efetiva de Atendimento da Carga). O ELCC de um gerador é definido como a quantidade de carga de um sistema que pode aumentar (quando o gerador é adicionado ao sistema) mantendo a mesma confiabilidade. Esta confiabilidade é medida com os indicadores de perda de expectativa de carga (LOLE) e perda de confiabilidade de carga (LOLP). O procedimento metodológico para calcular o VC usando o ELCC é o seguinte:

Etapa 1. Para um conjunto dado de geradores, o LOLE do sistema sem a usina fotovoltaica é calculado assim:

$$LOLE = \sum_{i=1}^T P(G_i < L_i) \quad \text{Eq. 1}$$

Onde T é o número total de horas analisadas (tipicamente, 8760 horas, perfazendo 1 ano), G_i representa a potência convencional disponível na hora i , e L_i é quantidade de carga demandada. $P(G_i < L_i)$ indica a probabilidade que a geração potência convencional disponível seja menor que a demanda. Por tanto, $P(G_i < L_i)$ é o LOLP em cada hora e a soma de todas as horas é o LOLE do sistema. O LOLE calculado na equação 1 é a confiabilidade original do sistema sem geração solar fotovoltaica intermitente. Para cada intervalo i , esta confiabilidade é corresponde à probabilidade de que o sistema entre num estado em que $G_i < L_i$. A probabilidade de que isto ocorra é LOLP. O LOLP é calculado utilizando-se a capacidade de cada gerador que compõe o

sistema e sua respectiva probabilidade de indisponibilidade (calculada a partir das taxas de indisponibilidade forçada e programada observadas para cada gerador). A tabela que fornece o LOLP correspondente a cada patamar de carga (construída a partir de todas as combinações de indisponibilidade dos geradores possíveis) é denominada COPT (Capacity Outage Probability Table).

Etapa 2. A usina fotovoltaica é adicionada ao sistema e temos um novo LOLE, desta vez denominado LOLEpv

$$LOLE_{pv} = \sum_{i=1}^T P(G_i + C_i < L_i) \quad \text{Eq. 2}$$

Onde C_i denota a produção da usina fotovoltaica na hora i . Como a usina fotovoltaica foi adicionada ao sistema o LOLEpv na Eq. 2 será menor que o LOLE do sistema base da Eq. 1. Note-se que caso C_i ocorra sem em momentos no qual L_i é pequeno e nunca ocorra nos momentos em que L_i é grande, a contribuição de capacidade da fonte fotovoltaica (ou de qualquer fonte intermitente) será baixa. Em suma, quanto mais a geração C_i da fonte intermitente estiver alinhada com L_i , maior será $LOLE_{pv}$. Note-se que uma fonte pode ter crédito de capacidade alto e fator de capacidade baixo, ou vice-versa.

Etapa 3. Deixamos a usina fotovoltaica no sistema e adicionamos carga constante cada hora. O LOLE do novo sistema, que será definido como $LOLE_{load}$, será calculado assim:

$$LOLE_{load} = \sum_{i=1}^T P(G_i < L_i + D) \quad \text{Eq. 3}$$

Onde D é a carga adicionada cada hora. O valor de D é ajustado até que os LOLEs calculados com a equações 1 e 3 se igualem um ao outro. O valor de D que iguale as equações é definido como o ELCC da usina fotovoltaica. Isto é, o valor de capacidade da usina.

No que se segue, aplicaremos a metodologia acima para simular a contribuição de capacidade de plantas solares instaladas na área disponível na Usina de Itumbiara. Utilizaremos nas nossas simulações o programa Renewable Energy Probabilistic Resource Assessment (REPRA), desenvolvido em linguagem R pelo National Renewable Laboratory (NREL). Este programa permite calcular tanto o ELCC quanto o VC de fontes intermitentes. Embora o projeto que deu origem ao REPRA aparentemente tenha sido descontinuado no NREL, já que não tem sido atualizado, o programa pode ser baixado do repositório GitHub¹. Como foi desenvolvido na filosofia *open source*, todo o código do programa está disponível, o que permite que pesquisadores possam alterar e modificar para estender suas aplicações.

2.1 Estudo de Caso

Simularemos a contribuição de usinas solares fotovoltaicas instaladas na área da Usina de Itumbiara, considerando apenas o subsistema Sudeste do qual a Usina de Itumbiara faz parte. Portanto, nosso modelo fará uso dos seguintes dados de entrada:

- Curva de carga do subsistema Sudeste para ano de 2018, obtida do sítio do Operador Nacional do Sistema (ONS)²;
- Conjunto dos geradores despacháveis (hidrelétricas e térmicas) do subsistema Sudeste para o ano de 2018, obtido do sítio da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), nos decks de preços de energia³;
- Curva de produção da fonte intermitente solar instalada considerando a instalação de 100 MW, 200 MW, 300 MW, 400 MW, 500 MW, 600 MW, 700 MW, 800 MW, 900 MW, 1000 MW.

Entrando com as curvas de carga e respectivas curvas de produção para cada um dos patamares de inserção de energia solar fotovoltaica na área da Usina de Itumbiara, o REPRA nos permite calcular a contribuição de capacidade em cada um dos patamares (100 MW, 200 MW, 300 MW, 400 MW, 500 MW, 600 MW, 700 MW, 800 MW, 900 MW, 1000 MW). Isto nos permitirá avaliar o efeito marginal de cada 100 MW adicionais que integramos

1 Endereço eletrônico do programa: <https://github.com/NREL/repra>.

2 Endereço eletrônico:

http://ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/curva_carga_horaria.aspx

3 Endereço eletrônico:

https://www.ccee.org.br/portal/faces/aceso_rapido_header_publico_nao_logado/biblioteca_virtual?palavrachave=Conjunto%20de%20arquivos%20para%20cálculo&_afzLoop=107510195077188&_adf.ctrl-state=15ehpuu2qe_98#!%40%40%3F_afzLoop%3D107510195077188%26palavrachave%3DConjunto%2Bde%2BArquivos%2Bpara%2Bc%25C3%25A1lculo%26_adf.ctrl-state%3D15ehpuu2qe_102

so subsistema Sudeste. Também permitirá obter uma expressão analítica para estimar a contribuição de capacidade da fonte solar, a qual pode ser utilizada para determinar que pagamentos de capacidade seriam devidos ao investidor de fonte renovável, o que poderia funcionar com um justo incentivo à inserção desta fonte, uma vez que o valor econômico da fonte intermitente seria precificado (Milligan, 1996) (5).

3.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3.1 abaixo mostra o crédito de capacidade da fonte fotovoltaica instalada para a faixa de valores de 100 MW – 900 MW:

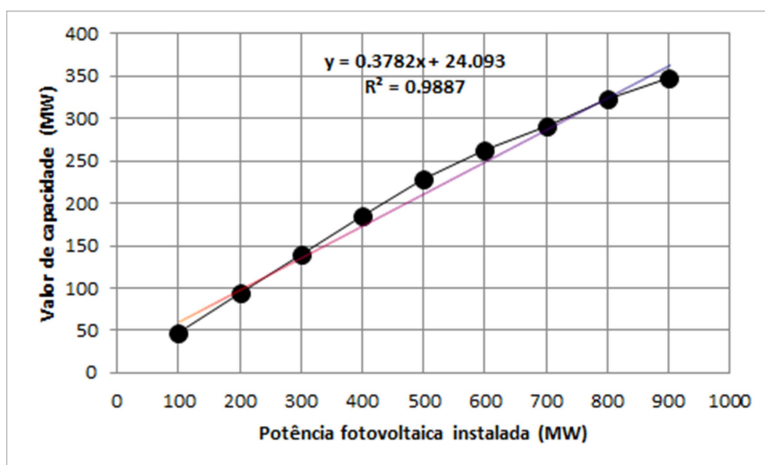


Figura 3.1 – Contribuição de Capacidade de fonte solar fotovoltaica instalada na área livre de Usina de Itumbiara.

Para valores no intervalo (100 MW, 900 MW), a equação de reta indicada na Figura 3.1 aproxima bem os resultados. Usando a reta pode-se estimar a contribuição de capacidade da fonte intermitente instalada. Por exemplo, a instalação de 150 MW contribuem efetivamente com:

$$VC (150 \text{ MW}) = 0,3782*(150 \text{ MW}) + 24,093 \Rightarrow VC (150 \text{ MW}) = 80,82 \text{ MW}$$

Tendo sido determinada a contribuição de capacidade, tais valores podem eventualmente ser utilizados para orientar o pagamento de capacidade para fontes intermitentes. Dado que a configuração da rede não muda abruptamente (quantidade de geradores disponíveis) tampouco a curva de carga, a equação obtida empiricamente pode ser utilizada com segurança, desde que atualizada periodicamente e baseada em número suficientemente grande de cenários. Em tese, a curva analítica empiricamente obtida, poderia ser utilizada para determinar o VC no curto e médio prazos (período de 1 a 5 anos). A utilização adequada da técnica aqui apresentada poderia funcionar como incentivo à inserção de fontes renováveis na área livre das hidrelétricas e favorecer a emergência de 'plantas híbridas' conectadas ao Sistema Elétrico interligado (SIN).

Embora tenha sido simulado, o valor de capacidade para 1000 MW não está representado na curva. Para este nível de instalação a contribuição de capacidade é de 349,22 MW, valor que apenas 1.16 MW quando se instalam 900 MW (VC = 348,06 MW). A tendência marginal decrescente da fonte intermitente fica mais clara por meio da Tabela 3.1. Na simulação realizada, cada 100 MW adicionados ao sistema contribui menos em termos de VC, como indica coluna Efeito da Tabela 3.1 abaixo:

VALOR DE CAPACIDADE (MW)	POTÊNCIA INSTALADA (MW)	POTÊNCIA INSTALADA ACUMULADA (MW)	VALOR DE CAPACIDADE ACUMULADO (MW)
47.30	100	100	47.30
46.78	100	200	94.08
45.87	100	300	139.96
44.96	100	400	184.92
43.44	100	500	228.36
34.06	100	600	262.42
27.65	100	700	290.07
33.50	100	800	323.57
24.49	100	900	348.06
1.16	100	1000	349.22

Tabela 3.1 – Contribuição de Capacidade de fonte solar fotovoltaica instalada na área livre de Usina de Itumbiara.

A contribuição marginal decrescente da fonte intermitente está relacionada à correlação carga-geração fotovoltaica. À medida que mais unidades de energia solar fotovoltaica são adicionadas no mesmo local, torna-se menos pronunciado o efeito da correlação entre a geração solar e a demanda.

É importante notar que o exercício aqui apresentado, embora tenha o mérito de introduzir e demonstrar a operacionalidade do conceito de crédito de capacidade, tem ainda importantes limitações. Uma limitação óbvia é que não se investigou uma multiplicidade de cenários. É recomendável que se dê maior robustez ao cálculo simulando vários anos. Em estudo feito para a energia eólica na Irlanda, Hasche, Keane and O'Malley (2011) (6) indicaram que oito anos como suficiente para determinar a contribuição de capacidade da fonte eólica no contexto irlandês. Usando 8 anos de dados está dentro de aproximadamente 2% do valor anual, enquanto usando apenas um único anos varia de 10-20% no sentido de subestimar ou sobrestimar o resultado real (Hasche, Keane and O'Malley, 2011). Dada a maior previsibilidade da energia solar, é bastante provável que com número menor de anos determine-se de modo robusto a contribuição da energia solar fotovoltaica.

Outra limitação importante diz respeito à modelagem das hidrelétricas, que no nosso caso ainda não leva em consideração o impacto da variação do nível dos reservatórios sobre a capacidade das hidrelétricas. Embora o REPR não incorpore este problema, uma especificidade importante para a realidade brasileira, os autores estão desenvolvendo algoritmo que permitirá superar tal limitação no futuro próximo.

4.0 CONCLUSÕES

A contribuição de capacidade das fontes intermitentes não é nula, podendo ser calculada por meio de métodos aproximados e estatísticos. Na realidade, é essencial para o planejamento técnico-econômico sustentável de tais fontes que figuras de mérito que permitam mensurar de modo robusto e confiável a utilização destas fontes sejam desenvolvidas e aplicadas. Este trabalho é uma contribuição inicial neste sentido. Além disso, ao explorar a contribuição de capacidade de fontes intermitentes alocadas em área livre de usina hidrelétrica, contribui para materializar e tornar palpável, no plano do SIN, o conceito de 'planta híbrida', cuja emergência depende do alinhamento de incentivos financeiros adequados aos investidores, com a devida compensação pela contribuição de potência das fontes intermitentes. Tal alinhamento de incentivos pode prover benefícios consideráveis à sociedade brasileira e agentes do setor elétrico, inclusive com o provimento de serviços ancilares tais como controle de frequência e tensão por estes mesmos agentes.

5.0 AGRADECIMENTOS

Este trabalho é parte dos resultados obtidos durante a execução do projeto de P&D 00394-1606/2016 denominado "Aplicabilidade de novas tecnologias de armazenamento de energia em suporte à sinergia entre as fontes solar e hidrelétrica", apresentado pela empresa FURNAS. Agradecemos à FURNAS pelo financiamento e propiciar um ambiente de discussão propício à pesquisa e investigação.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) North American Reliability Corporation (NERC) (2011). Methods to Model and Calculate Capacity Contributions of Variable Generation for Resource Adequacy Planning. Disponível em: <http://www.nerc.com/docs/pc/ivgtf/IVGTF1-2.pdf>.

- (2) Billinton, R. and R. Allan (1984). Reliability Evaluation of Power Systems. New York: Plenum Press.
- (3) Madaeni, S. H.; Sioshansi, R.; Denholm, P. (2012). Comparing capacity value estimation techniques for photovoltaic solar power. NREL/TP-6A20-54704.
- (4) Garver, L.L. (1966). Effective Load Carrying Capability of Generating Units. IEEE Trans. on PAS (PAS-85, pp. 910–919.
- (5) Milligan, M. (1996). Measuring Wind Plant Capacity Value. NREL/TP-441-20493. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory.
- (6) Hasche B, Keane A, O'Malley M. (2011). Capacity value of wind power, calculation, and data requirements: the Irish power system case. IEEE Trans Power Syst., vol. 26, pp. 420–430.

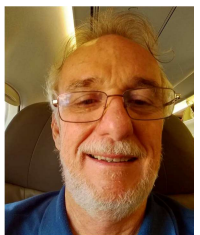
7.0 DADOS BIOGRÁFICOS



Nilton Bispo Amado é graduado em Engenharia Elétrica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (POLI-USP). Trabalhou como engenheiro eletricitista na FIGENER SA Engenheiros Associados. Possui Mestrado em Energia pelo PIPGE (Programa Interunidades em Energia da USP). Foi bolsista CNPq e é Doutor em Ciências pelo Programa de Energia da USP. Atualmente é Supervisor do Serviço Técnico de Planejamento, Análise Econômica e Social e Avaliação e Desenvolvimento de Recursos Energéticos do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE-USP). Tem atuado principalmente na área de transição energética para fontes renováveis, mais particularmente no desenvolvimento e aplicação de figuras de mérito para investigar a viabilidade técnica e econômica de fontes intermitentes e de soluções de flexibilidade associadas.



Carlos Germán Meza González é mestre em Energia (2014) e doutor em Ciências (2018) pela Universidade de São Paulo (USP), Brasil. Tem experiência como consultor e pesquisador nacional e internacional na área de planejamento energético e desenvolvimento sustentável, com ênfase na análise técnica, econômico-financeira e regulatória de Energias Renováveis e Eficiência Energética. Tem um histórico de publicações em periódicos científicos nacionais e internacionais na área de Energia e Desenvolvimento Sustentável.



Jacinto Maia Pimentel é Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal de Goiás, Mestre (M.Sc) em Engenharia de Produção pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

Experiência profissional: Construção de Linhas de Transmissão até 345kV. Manutenção de Linhas de Transmissão até 500 kV. Construção de Subestações até 230 kV. Atua na Gestão de Qualidade em empreendimentos de geração de energia. Auditoria de Qualidade na Engenharia do Proprietário nas construções das UHE Santo Antônio - 3.300 MW, UHE Simplicio - 330 MW. Gestão de Riscos de empreendimentos de Transmissão até 765 kV. Gestão Técnica de projetos de P&D, em Furnas Centrais Elétricas S/A.



Diogo Oliveira Barbosa da Silva possui graduação em Engenharia Civil pelo Instituto Mauá de Tecnologia (2014) e especialização em Energias Renováveis pela Green Power Academy (2016) e em Gerenciamento de Projetos pelo Insper (2018). Tem experiência na área de Engenharia de Sistemas de Energia, com ênfase em Energias Renováveis, atuando principalmente nos seguintes temas: projetos de sistemas fotovoltaicos e de armazenamento de energia. Atualmente é sócio da BASE Energia Sustentável e participa de projetos de P&D na área de energia com temas em geração de energias renováveis, armazenamento e estudos de aplicação do hidrogênio como vetor energético, atuando principalmente nas áreas de engenharia e gerenciamento.



Demóstenes Barbosa da Silva é bacharel em Física, pela Universidade Federal do Estado de Goiás, Brasil, 1979. Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal do Estado de Goiás, Brasil, 1980. MSc em Energia pela Universidade de São Paulo, Brasil, 1992. PhD em Ciências pela Universidade de São Paulo (USP), 2016.

Experiência profissional: Mais de 30 anos de experiência no setor elétrico brasileiro, com um histórico de pesquisa e aplicação de inovações regulatórias, desenvolvimento e implementação de projetos de energia sustentável, apresentando e gerenciando a implantação de soluções inovadoras de negócios. Atualmente desenvolvendo novos serviços para apoiar organizações da sociedade civil, governos e empresas na busca de soluções sustentáveis em infraestrutura em geral, e em energia, em particular. Depois de ter atuado como gestor, regulador e executivo, no governo brasileiro, em empresas estatais e privadas de energia, e, associações de classe, refundou a empresa BASE Energia Sustentável para ajudar seus clientes no desenvolvimento de soluções de energia na nova era que tem sido reconhecida como de economia verde ou economia