

## GRUPO DE ESTUDO DE RECURSOS ENERGÉTICOS DISTRIBUÍDOS - GRD

### PLATAFORMA ABERTA PARA CONSULTA DE HOSTING CAPACITY DE GERAÇÃO EM DIVERSOS NÍVEIS DE TENSÃO

**RENAN MACHADO SALES(1); DANIEL SZENTE FONSECA(1); ANNA GIULIA QUEIROZ COSTA(1); MARCELO APARECIDO PELEGRINI(1); GUSTAVO TRAVASSOS AGUIAR DA SILVA(2); SINAPSIS(1); COMPANHIA DE ELETRICIDADE DO ESTADO DA BAHIA COELBA(2)**

#### RESUMO

Este artigo apresenta o sistema automatizado de cálculo e consulta de *Hosting Capacity* de Geração Distribuída - GD, disponível para o acessante e para o planejador, otimizando os esforços para as análises de conexões de GDs. Por utilizar simulações periódicas com as redes elétricas de alta tensão e média tensão com granularidade a trechos de rede, este sistema se torna inovador e único no Brasil. A capacidade de acomodação de GD é consultada via sistema web interface direcionada ao usuário, conforme escolha de localização e potência pretendida da nova planta, para redes AT, subestação ou trecho dos alimentadores MT.

#### PALAVRAS-CHAVE

Geração Distribuída; Hosting Capacity; Capacidade de acomodação; Alta Tensão; Média Tensão

#### 1.0 INTRODUÇÃO

Atualmente o processo de solicitação de conexão de geradores distribuídos consiste na escolha pelo acessante do local de construção da planta, e solicita a distribuidora a viabilidade técnica desta conexão. A partir deste ponto a distribuidora deve realizar diversos estudos, envolvendo simulações de redes elétricas, para uma primeira filtragem. Verificando-se a disponibilidade serão realizados estudos mais aprofundados, tais como análises de perfil de tensão para avaliar a necessidade de instalação de novos equipamentos ou reformas na rede existente. Entretanto, a primeira filtragem exige um grande tempo dos planejadores da distribuidora tornando o processo demorado e até repetitivo no caso de verificada a indisponibilidade, necessitando com que o solicitante encontre outro local para instalação da planta, ou a construção de novas redes elétricas para viabilizar a conexão.

De forma a facilitar esta primeira etapa de verificação de disponibilidade de acomodação do novo gerador na rede criou-se o sistema de *hosting capacity*, onde as simulações na rede elétrica são realizadas de forma automatizada, em servidores da empresa, deixando disponível para toda a rede elétrica da empresa uma primeira consulta da quantidade de potência disponível em cada ponto. Este processo se expande tanto para a rede de média tensão quanto para a rede de alta tensão. Além disso, estas simulações são preparadas para serem realizadas periodicamente, de forma a abranger novas alterações na rede elétrica, deixando a consulta o mais atual possível.

O princípio do *hosting capacity* consiste na definição do montante de geração distribuída acomodável em cada ponto da rede, observam-se alguns limites de operação dela. Para os equipamentos em campo define-se como limite sua capacidade máxima de operação, enquanto para a tensão esperam-se mantê-los dentro dos limites regulatórios, dentre outros critérios. Sendo assim, o limite técnico de acomodação -*Hosting Capacity*- é o máximo de geração distribuída adicional que se pode instalar até que algum destes critérios seja violado. Para alcançar esta capacidade adicional disponível faz-se necessário simular a alocação máxima de geradores até que um destes limites seja ultrapassado. Para isso primeiramente realiza-se o cálculo do fluxo de potência e o levantamento do valor de cada indicador, obtendo-se os valores de controle da situação atual da rede. Desta forma o software realiza a alocação de geradores, por iterações, ao longo da rede. O resultado desta combinação de teste de estresse na rede resulta em valores de capacidade disponível para cada rede de Alta Tensão, subestação do sistema e, de forma mais detalhada, para cada trecho de rede da Média Tensão do sistema elétrico.

A plataforma web interface disponibiliza estes resultados mais recentes, enquanto o motor de cálculo refaz as simulações periodicamente, garantindo mais fidelidade com a rede elétrica atual, e os acessantes e planejadores podem conferir através de mapas interativos quais os valores de potência disponíveis para inserção de novos geradores em cada ponto de interesse. Este processo garante agilidade e flexibilidade de estudo no processo de consulta por acessantes, fornecendo uma primeira resposta rápida da disponibilidade da rede, e ainda demonstrando

alternativas de deslocamentos, quando possível, dos novos geradores para locais que exijam menor custo de implementação devido a necessidades de obras na rede.

## 2.0 SISTEMA DE HOSTING CAPACITY

O sistema de cálculo de *Hosting Capacity* processa a capacidade disponível adicional de geração distribuída para redes de Alta Tensão - AT e Média Tensão – MT, onde todo o processo desde a importação de redes elétricas e outros dados até os motores de cálculos são automatizados, de forma que os resultados das rodadas de cálculos periódicas são submetidos ao sistema de visualização e consulta, exigindo do usuário apenas direcionar sua consulta. Este sistema é subdividido em três blocos, conforme diagrama da Figura 1: preparo da rede elétrica; cálculo de capacidade disponível; e webvisualizador.

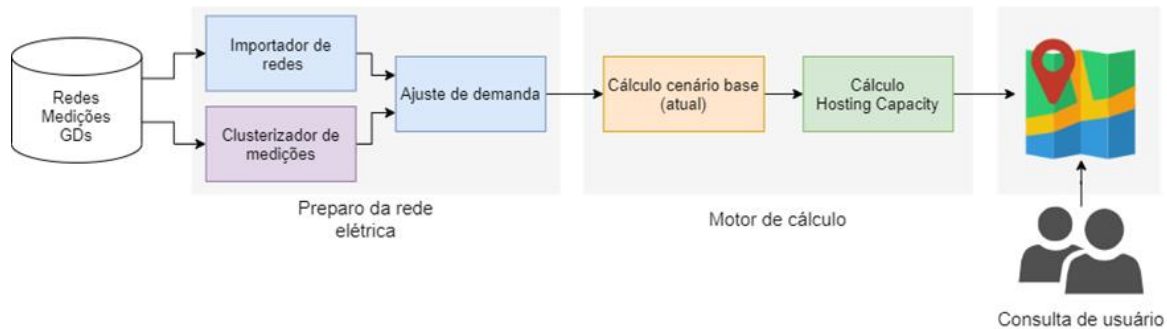


Figura 1 - Sistema de *Hosting Capacity*

Assim como todo processo de planejamento de redes elétricas, o preparo das redes possui grande relevância nos resultados de capacidade disponível, uma vez que erros de cadastro podem erroneamente indicar uma maior capacidade disponível do que realmente existe. Portanto este bloco reuni diversos dados para melhorar a representatividade real da rede elétrica estudada visando contornar algumas das principais inconsistências: medições de faturamento deslocadas, perdas não técnicas, dentre outros. Esta etapa subdivide-se entre:

- Redes de alta tensão, as quais são obtidas através de arquivos anarede e conjuntamente as medições das subestações transformados no formato do SINAPgrid (utilizado como motor de cálculo tanto para o fluxo de potência quanto o *Hosting Capacity*).
- Redes de média tensão, as quais são obtidas através do sistema GIS da empresa, também transformadas no formato SINAPgrid conjuntamente as medições das subestações.

A partir de uma rede mais fiel a realidade pode-se traçar um cenário base de estado da rede, a partir do cálculo de fluxo de potência, para averiguar o carregamento dos trechos e equipamentos, e níveis de tensão atuais, todos em 24 patamares horários. Posteriormente é realizado o cálculo da capacidade adicional disponível para estas redes. De forma a otimizar o tempo necessário na etapa de motor de cálculo, a partir dos 24 patamares horários são elencados cinco patamares para cálculo da capacidade disponível: patamar máximo, médio, mínimo de carga, e dois patamares adicionais.

Por fim, com todos resultados já em base de dados, o sistema web visualizador tem a função de direcionar o usuário para sua consulta, uma vez que as redes elétricas da empresa inteira estão já disponíveis neste sistema, possibilitando a busca de acordo com potência e localização desejada.

### 2.1 PREPARO DE DADOS

A etapa mais importante para garantir que o sistema de *Hosting Capacity* facilite o processo e reduza custos está no preparo da rede elétrica, tratando dados e inserindo o maior número de informações possíveis, de forma a garantir a máxima fidelidade da rede simulada com o que acontece com a rede elétrica. Para isso esta etapa possui, além das importações automatizadas dos dados dos sistemas legados, a clusterização das medições históricas para criação de uma curva máxima excluindo-se expurgos. Estas medições são utilizadas para realizar o ajuste de demanda (individualmente para cada um dos 24 patamares horários).

### 2.2 CENÁRIO BASE

O conceito de capacidade adicional disponível consiste em verificar o estado atual da rede elétrica e a quantidade de potência adicional que pode ser inserida na rede sem a necessidade de qualquer obra. Para isso, após todo o preparo da rede, é realizado o cálculo de fluxo de potência em 24 patamares horários, desta forma entendendo-se também os patamares de maior, média, e menor carga. Neste cálculo os carregamentos dos equipamentos e tensões em todas as barras do sistema é armazenado, e estes dados

serão utilizados como cenário base da rede. Com posse deste cenário base, a cada iteração de inserção de GD na rede, os novos valores de tensão e carregamento serão comparados.

### 2.3 CRITÉRIOS DE HOSTING CAPACITY

Os sistemas elétricos de potência operam de forma a atender os requisitos dispostos pela Aneel em seus manuais de procedimento de rede, os quais se diferenciam de acordo com o nível de tensão. Dentre estes manuais são relacionados os critérios referentes a qualidade do produto da energia elétrica (módulo 8 Prodist), onde são estabelecidos limites para cada um dos indicadores de qualidade da energia elétrica. Quando é solicitado o acesso ao sistema por um gerador, deve-se garantir ainda que a rede elétrica opere dentro destes limites estabelecidos, e caso contrário, deve-se prever obras de melhoria para eles serem garantidos. Diante disso, na busca pela capacidade disponível adicional de GD deve-se atender estes limites, caso contrário, não há capacidade adicional disponível para a rede em estudo.

Apesar dos diversos indicadores, os quais muitos exigem estudos mais aprofundados para cada especificidade do tipo de gerador a ser inserido, o objetivo do módulo de *Hosting Capacity* é conhecer a potência adicional disponível de forma genérica ao tipo de gerador a ser inserido. Portanto, são avaliados apenas os principais critérios de qualidade: tensão em regime permanente; carregamento; e fluxo reverso. Estes critérios são segregados em outras formas de avaliação, descritas a seguir.

Entende-se como carregamento dos equipamentos (cabos, transformadores e reguladores) a potência passante, que é representada pelo percentual referente a sua potência nominal. A operação acima do limite do equipamento pode ocasionar uma sobrecarga térmica danificando-os, portanto, não se deve operar acima de sua capacidade por um longo período. Para este critério assume-se que os equipamentos não podem ultrapassar 100% de sua capacidade nominal de carregamento.

A tensão é avaliada de quatro formas. Sobretensão e subtensão, individualmente, onde a conexão ou desconexão da nova fonte geradora influencia na magnitude de tensão das barras da rede, tanto em regime permanente, como na eventual desconexão ou redução de potência inserida pela nova fonte geradora. Por exemplo por geradores solares onde efeitos de nuvem podem reduzir drasticamente a potência injetada na rede, e isso não pode ocasionar a ultrapassagem do limite mínimo de tensão de operação. O mesmo se aplica a sobretensão, onde a reconexão do gerador não pode elevar a tensão acima dos limites permitidos. Para os limites de Sobretensão e subtensão seguem-se os limites estabelecidos no Anexo I do Prodist módulo 8, na Tabela 1 de acordo com as faixas de tensão.

Tabela 1 - Faixas de Classificação de Tensões – Tensões de Regime Permanente

**Tabela 1 – Pontos de conexão em Tensão Nominal igual ou superior a 230 kV**

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (TL) em Relação à Tensão de Referência (TR)
Adequada	$0,95TR \leq TL \leq 1,05TR$
Precária	$0,93TR \leq TL < 0,95TR$ ou $1,05TR < TL \leq 1,07TR$
Crítica	$TL < 0,93TR$ ou $TL > 1,07TR$

**Tabela 2 – Pontos de conexão em Tensão Nominal igual ou superior a 69 kV e inferior a 230 kV**

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (TL) em Relação à Tensão de Referência (TR)
Adequada	$0,95TR \leq TL \leq 1,05TR$
Precária	$0,90TR \leq TL < 0,95TR$ ou $1,05TR < TL \leq 1,07TR$
Crítica	$TL < 0,90TR$ ou $TL > 1,07TR$

**Tabela 3 – Pontos de conexão em Tensão Nominal superior a 1 kV e inferior a 69 kV**

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (TL) em Relação à Tensão de Referência (TR)
Adequada	$0,93TR \leq TL \leq 1,05TR$
Precária	$0,90TR \leq TL < 0,93TR$
Crítica	$TL < 0,90TR$ ou $TL > 1,05TR$

Além disso, é avaliado o desvio de tensão do cenário base para as inserções de geradores, ou seja, quanto a tensão varia com os geradores. Por mais que permaneçam dentro dos limites estabelecidos no Prodist, não é interessante que ocorram grandes variações, pois pode deixar a rede mais suscetível a ultrapassar os limites de tensão devido a fatores externos. Este desvio de tensão é limitado em até 10%.

Também se avalia a variação de tensão nos reguladores de tensão das redes de média tensão devido a inserção de GDs, onde como apontado anteriormente, as GDs podem gerar níveis diferentes de tensão a depender da potência injetada em cada momento, exigindo de reguladores de tensão entrarem em atuação.

Visando evitar que grandes variações de tensão (sub ou sobretensão) sejam maquiadas pela atuação dos reguladores, é estabelecido um limite entre 10% e 100% da banda de regulação, além de evitar demasiadas operações do taps dos reguladores. E, por fim, é verificado se a GD inserida irá causar fluxo reverso, uma vez que a regulação brasileira não permite a operação ilhada de redes, portanto busca-se evitar este acontecimento.

Cada um dos critérios é calculado trecho a trecho e barra a barra, garantindo uma ampla granularidade de resultados. Porém, cada um dos critérios calculados resultará em um valor diferente de capacidade disponível, e a capacidade global disponível da rede será o menor valor dentre todos os critérios calculados, afinal o gerador adicional não deve ultrapassar nenhum dos limites estabelecidos. A representação do cálculo de cada um dos critérios individualmente para cada trecho é apresentada no exemplo da Figura 2, onde a coloração representa um degradê da potência disponível adicional de GD, onde o verde mais claro representa maior capacidade, enquanto o vermelho mais escuro representa a menor capacidade. Esta escala varia de 0 a 10 MW.

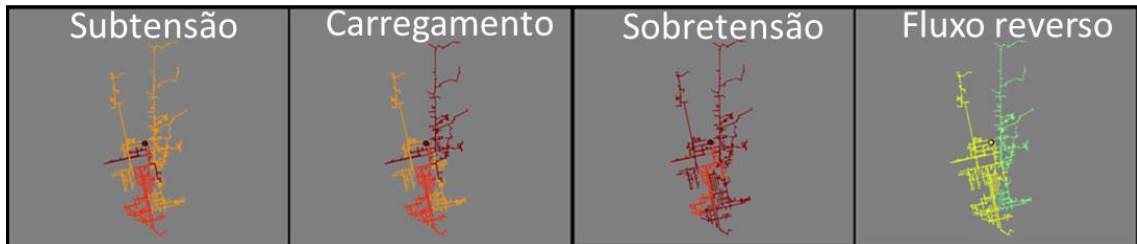


Figura 2 – Cálculo de limites individualizados do *Hosting Capacity*

### 3.0 CÁLCULO DE HOSTING CAPACITY

Nesta etapa é realizado o acréscimo gradual de gerações distribuídas, e recalculado os indicadores buscando averiguar se ainda continuam dentro dos critérios definidos. Este processo é repetido indefinidamente até chegar em uma penetração de gerações tal que se extrapole quaisquer um dos limites e/ou critérios previamente definidos. Define-se que este é o nível de penetração máxima de GD que a rede suportará sem a necessidade de obras, o *hosting capacity*.

No que se refere a modelagem elétrica dos diversos geradores distribuídos que serão simulados na rede, considera-se cada um dos geradores como injetores de corrente constante. Isto implica também que a corrente do gerador não se altera no aumento de tensão induzida. Para as cargas, a magnitude de carga não se altera durante aumentos de tensão dos geradores, no processo de cálculo do *hosting capacity*.

Enquanto reguladores de tensão não operarem após o fluxo de potência inicial (cenário base). Possibilitar os reguladores de tensão operarem durante o processo de *hosting capacity* poderia mascarar os problemas de tensão que GDs poderiam causar na rede. Apesar de reguladores de tensão serem considerados uma solução para maior capacidade disponível de GDs, utiliza-se de uma abordagem mais conservadora em não possibilitar os reguladores de tensão operarem após o fluxo de potência inicial, ou seja, quando são inseridos GDs na rede.

Quanto a barra de conexão dos geradores alocados, sua determinação será puramente aleatória, sendo alocada em qualquer barra existente no alimentador. Esta distribuição será baseada em nós trifásicos do sistema. Neste cenário será realizado o aumento incremental de geração em cada nó selecionado, possibilitando a visão da capacidade de acomodação de diversas GDs no alimentador.

### 4.0 PLATAFORMA WEB

O sistema de consulta de *Hosting Capacity* é totalmente baseado em motores de cálculo, que importam, tratam, e realizam diversos cálculos para chegar aos resultados de capacidade disponível de GD para toda a rede. Com isso, a plataforma de consulta web interface fica disponível no sistema da empresa servindo como consulta a toda essa massa de resultados gerados para as milhares de rede em diversos níveis de tensão.

Diante disso, este sistema conta com a inteligência de guiar o usuário, seja o próprio planejador desejando realizar um estudo inicial de um pedido de conexão, ou até mesmo o próprio acessante interessado em construir uma planta geradora, independente do seu porte. Esta inteligência consiste no direcionamento da consulta a partir de dois fatores: localização e potência nominal a ser instalada. Com base nisso o sistema entenderá se é cabível direcioná-lo a consultas na rede de média tensão (por exemplo um gerador solar de 1MWp), ou até mesmo direcioná-lo diretamente para consultas de rede de alta tensão (por exemplo um gerador de 10MWp). Entretanto o usuário, caso não determine sua potência nominal, pode navegar livremente dentre consultas por alimentadores de média tensão, subestações, ou redes de alta tensão (subtransmissão).



A seguir são demonstrados alguns resultados na plataforma de capacidade de acomodação (*Hosting Capacity*) de GD, onde todo o motor por trás da plataforma já realizou todos os cálculos previamente, e eles estão apenas armazenados. Portanto, ao acessar o sistema o usuário depara-se com uma tela de consulta, exigindo algumas informações de verificação e dados de localização e potência do gerador a ser instalado. Será nesta tela (Figura 3 – a) que o sistema direcionará o usuário de acordo com o entendimento de suas necessidades. São apresentadas as três possíveis telas onde o usuário pode ser direcionado: Consulta de alimentadores de média tensão (Figura 3 – b); subestações de distribuição (Figura 4); e redes de alta tensão. Quando a potência for inferior a 5MW ele será direcionado a tela da Figura 3 - b. A seta azul no centro da tela é a localização que o usuário adicionou para realizar a consulta. Com isso é possível verificar se há uma rede de média tensão próxima ao local desejado, assim como se há disponibilidade. Neste exemplo verifica-se que a rede de média passa pela mesma rua do local desejado, e os trechos próximos estão coloridos na cor verde escuro, representando que a potência desejada está disponível, ao contrário de bairros a direita do ponto azul, onde estão coloridos em vermelho representando que não seria possível conectá-los naquela região no estado atual da rede.



Figura 3 - Sistema de consulta Hosting Capacity - (a)esquerda: tela inicial de direcionamento de consulta; (b)direita: consulta de alimentadores de média tensão

No segundo exemplo de aplicação o usuário não tem uma localização exata de instalação do novo gerador, e está avaliando regiões onde seria possível tecnicamente se conectar à rede elétrica. Neste caso são apresentadas apenas subestações coloridas de acordo com suas capacidades disponíveis. Exemplificando que este novo acessante pretende instalar a nova planta em uma das quatro regiões destacadas na Figura 4, com a plataforma de *hosting capacity* ele verifica que a região 2 é inviável tecnicamente para conexão, afinal a subestação, quantos seus alimentadores de média tensão, não possuem capacidade disponível para receber seu gerador. Portanto é necessário que ele opte por redes de alguma das subestações da região 1 ou até mesmo da região 3. A partir desta escolha, o usuário pode refinar sua busca direcionando-se as redes de média da subestação da região escolhida.



Figura 4 - Sistema de consulta Hosting Capacity - subestações

O terceiro exemplo é de uma conexão de gerador solar de 20MW de potência localizado em uma região mais rural da Bahia. Neste caso ele é direcionado diretamente as redes de alta tensão. O usuário pode também selecionar um local de instalação ou navegar pelas redes e/ou subestações verificando suas disponibilidades. Neste exemplo o acessante decidiu por uma localização próxima a região apresentada na Figura 5, onde existe uma subestação e três linhas de transmissão (alta tensão). Observa-se que estas linhas também estão coloridas de acordo com suas capacidades disponíveis, onde a linha de transmissão inferior não possui capacidade suficiente para suportar esta conexão. Porém, as linhas a direita possuem disponibilidade o suficiente para suportar esta nova conexão, tornando este local viável, do ponto de vista da rede elétrica, para inserção deste gerador.



Figura 5 - Sistema de consulta Hosting Capacity – linhas de alta tensão e subestação

## 5.0 CONCLUSÃO

Como foi apresentado acima o potencial do sistema como um todo é grande, e pode facilitar o processo tanto do lado dos planejadores de rede que terão já uma primeira análise ao pedido de conexão pronta, percebendo se pode ser viável e prosseguir com estudos mais aprofundados, ou já notar a sua inviabilidade técnica. Também do lado do acessante que está estudando a viabilidade técnica e econômica da inserção de GDs, de forma que sem precisar consultar a Distribuidora ele poderá fazer diversas simulações e entender qual o melhor local para construção do novo gerador. Portanto a plataforma segue a tendência de facilitador de processos, sendo inovador no Brasil e em diversas partes do mundo devido a quantidade de detalhes disponíveis.

## 6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) J. Smith et al., "Alternatives to the 15% Rule: Modeling and Hosting Capacity Analysis of 16 Feeders", SAND-2015-7450R, 1432924, set. 2015. doi: 10.2172/1432924.
- (2) ANEEL, "Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST/ Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica". jan. 01, 2018, Acessado: jan. 27, 2020. [Online].
- (3) E. Mulenga, M. H. J. Bollen, e N. Etherden, "A review of hosting capacity quantification methods for fotovoltaics in low-voltage distribution grids", International Journal of Electrical Power & Energy Systems, vol. 115, p. 105445, fev. 2020, doi: 10.1016/j.ijepes.2019.105445.
- (4) A. Dubey, S. Santoso, e A. Maitra, "Understanding photovoltaic hosting capacity of distribution circuits", in 2015 IEEE Power & Energy Society General Meeting, Denver, CO, USA, jul. 2015, p. 1–5, doi: 10.1109/PESGM.2015.7286510.
- (5) M. Rossi, G. Vigano, e D. Moneta, "Hosting capacity of distribution networks: Evaluation of the network congestion risk due to distributed generation", in 2015 International Conference on Clean Electrical Power (ICCEP), Taormina, Italy, jun. 2015, p. 716–722, doi: 10.1109/ICCEP.2015.7177570.

- (6) F. Ding e B. Mather, "On Distributed PV Hosting Capacity Estimation, Sensitivity Study, and Improvement", *IEEE Trans. Sustain. Energy*, vol. 8, no 3, p. 1010–1020, jul. 2017, doi: 10.1109/TSTE.2016.2640239.
- (7) D. Schwanz, S. K. Ronnberg, e M. Bollen, "Hosting capacity for photovoltaic inverters considering voltage unbalance", in *2017 IEEE Manchester PowerTech*, Manchester, United Kingdom, jun. 2017, p. 1–6, doi: 10.1109/PTC.2017.7981274.
- (8) N. C. Tang e G. W. Chang, "A stochastic approach for determining PV hosting capacity of a distribution feeder considering voltage quality constraints", in *2018 18th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP)*, Ljubljana, maio 2018, p. 1–5, doi: 10.1109/ICHQP.2018.8378864.
- (9) H. V. Padullaparti, S. Jothibasu, S. Santoso, e G. Todeschini, "Increasing Feeder PV Hosting Capacity by Regulating Secondary Circuit Voltages", in *2018 IEEE Power Energy Society General Meeting (PESGM)*, ago. 2018, p. 1–5, doi: 10.1109/PESGM.2018.8586615.
- (10) M. Al-Saffar, S. Zhang, A. Nassif, e P. Musilek, "Assessment of Photovoltaic Hosting Capacity of Existing Distribution Circuits", in *2019 IEEE Canadian Conference of Electrical and Computer Engineering (CCECE)*, Edmonton, AB, Canada, maio 2019, p. 1–4, doi: 10.1109/CCECE.2019.8861957.
- (11) J. Lee, J.-P. Bérard, G. Razeghi, e S. Samuelsen, "Maximizing PV hosting capacity of distribution feeder microgrid", *Applied Energy*, vol. 261, p. 114400, mar. 2020, doi: 10.1016/j.apenergy.2019.114400.

## DADOS BIOGRÁFICOS



Renan Machado Sales graduado em Engenharia Elétrica - Ênfase em Sistemas de Potência pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (2018). Engenheiro da Sinapsis Inovação em Energia. Possui experiência nas áreas de Planejamento e Proteção da Distribuição, dentre os principais projetos: Consultoria de proteção das redes de distribuição para Cooperzerm; projeto de P&D intitulado "Desenvolvimento de Metodologia e Aplicativo Computacional de Cálculo Segmentado do Balanço Energético e Perdas para Direcionamento de Ações de Melhoria" da Light. Atualmente atua no projeto intitulado "Corredor verde e postos de carregamento urbano para avaliação de desempenho de veículos híbridos e elétricos" do grupo Neoenergia.

(2) DANIEL SZENTE FONSECA  
Daniel Szente Fonseca possui graduação em Engenharia Elétrica - Ênfase em Energia e Automação pela Universidade de São Paulo (2018). Membro do Cigré. Possui experiência em projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) na área de Distribuição da Energia Elétrica. Destaca-se: "Sistema Avançado de Planejamento Topológico de Redes MT Considerando Novos Recursos de Expansão da Oferta, Novas Realidades de Mercado, Sustentabilidade do Negócio e Exigências Regulatórias", em parceria com CEB Distribuição S/A. Possui atribuições em integração de sistemas, desenvolvimento de modelos, experiência de programação em C e Python. Utilizando a ferramenta SINAPgrid desenvolveu ferramentas que atendiam os projetos.

(3) ANNA GIULIA QUEIROZ COSTA  
Anna Giulia Queiroz Costa possui graduação em Engenharia Elétrica - Ênfase em Energia e Automação Elétricas pela Universidade de São Paulo (2020). Atua como engenheira consultora da Sinapsis Inovação em Energia, trabalhando em diversos projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) na área de Transmissão e Distribuição da Energia Elétrica. Possui atribuições em integração de sistemas, desenvolvimento de modelos, e experiência de programação nas linguagens C e Python. Utilizando a ferramenta SINAPgrid atuou no desenvolvimento de módulos da ferramenta que atendiam o requisitado por projetos de P&D.

(4) MARCELO APARECIDO PELEGRINI  
Marcelo Aparecido Pelegrini é graduado, mestre e doutor em Sistemas de Potência pela USP (2003). Membro do IEEE e Cigré. É sócio-diretor da Sinapsis Inovação em Energia, onde coordenou mais de trinta projetos de consultoria e P&D nas áreas de Distribuição de Energia Elétrica, Comercialização de Energia, Redes Subterrâneas, Planejamento da Distribuição, Eletrificação Rural, Regulação Técnica e Econômica do setor de energia elétrica e gás canalizado e Redes Elétricas Inteligentes, para organizações públicas e privadas, como ENEL, EDP Brasil, FECOERGS, OCB/ESCOOP, Cemig, Celesc, CPFL, Neoenergia, Equatorial, Energisa, Eletrobras, CTG, AES Brasil, ARSESP, ANEEL, BID, LuxDev, Banco Mundial.

(5) GUSTAVO TRAVASSOS AGUIAR DA SILVA  
Graduado em Engenharia Elétrica pela UFBA (2002), com especialização em Análise de Sistemas de Potência, atualmente é Engenheiro Especialista do Departamento Corporativo de P&D da Neoenergia. Possui experiência no desenvolvimento e gerenciamento de projetos nas áreas de SmartGrids e Data Analytics. Atuou na Neoenergia realizando estudos de qualidade da energia, conexão de geradores sistemas de proteção.