

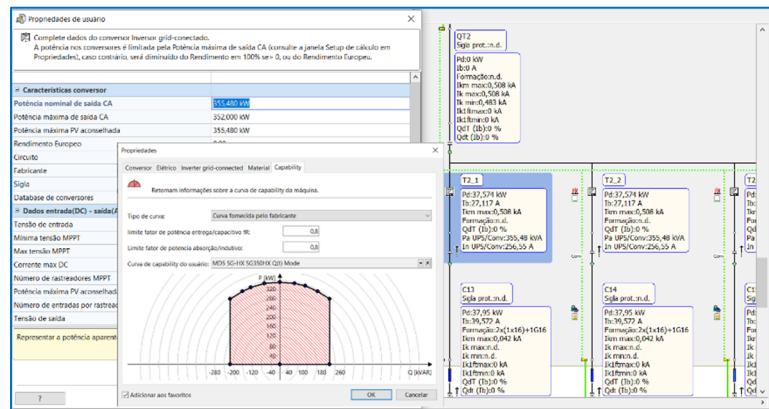
Série 2025

energia pensante

Gestão da curva de capability P/Q do fabricante e a curva V/Q

- Interface e velocidade operacional aprimorada;
- Gerenciamento do fornecimento elétrico através da seção de corte;
- Gerenciamento de quadros bloqueados e desabilitados para a edição na malha;
- Exclusão de quadros e/ou zonas do recálculo geral;
- Visualização da rede na modalidade compacta com quadros fechados;
- Passagem e abertura rápida do quadro onde se deseja interagir;
- **Ampère Evolution:**
 - Gestão de arquivos de curvas P/Q de capability de acordo com os dados do fabricante;
 - Associação de curvas P/Q por pontos aos elementos geradores da rede;
 - Geração da curva de capability V/Q do sistema;
- Atraso mecânico típico para disjuntores de MT;
- Arquivo de células de MT com macroblocos parametrizados para o diagrama unifilar;
- Reconstrução da vista frontal dos compartimentos;
- Melhorias na visualização das curvas de seletividade;
- Definição do ponto de inserção na rede dos TC/TO indiretos;
- Possibilidade de associação do TC/TO aos usuários e proteções de BT;
- Adequações a nova CEI 64-8 Ed.9;
- EGlink: Compatibilidade com Revit 2025;
- Extensão e atualização do banco de dados;

A Série Ampère 2025 da Electro Graphics revoluciona a análise de sistemas de geração distribuída, permitindo a inserção detalhada de **curvas de capability** de geradores, inversores e sistemas de armazenamento. Com a capacidade de importar curvas P/Q fornecidas pelos fabricantes, o software considera as variações da potência reativa (Q) em função da potência ativa (P), contemplando influências cruciais como tensão da rede e temperatura ambiente. Cada curva é definida por dados específicos e pontos precisos, podendo os valores de potência serem expressos em termos absolutos ou relativos (p.u.).



A avançada versão **Ampère Evolution** expande ainda mais a análise ao calcular a **curva de capability V/Q** essencial para avaliar o impacto da geração na tensão da rede. Essa funcionalidade indica a variação da tensão no ponto de entrega em relação à potência reativa injetada, sendo crucial em cenários de máxima potência ativa. O software também identifica automaticamente as interseções com os limites de Q/Pmax definidos por normativa (+30% e -35% para fotovoltaicos, +20% para eólicos).

Com a série Ampère 2025 e sua versão Evolution, a **Electro Graphics oferece uma solução de software robusta e confiável para o projeto de usinas de geração distribuída de energia renovável**. O software não apenas oferece uma análise precisa e detalhada do comportamento dos seus sistemas, mas também gera documentação clara e abrangente, facilitando e agilizando o processo de conexão à rede elétrica.

Arquivo de curva de capability P/Q de acordo com o modelo do fabricante

Curvas de capability P/Q de acordo com o modelo do fabricante, com curvas por pontos

A linha Ampère permite a inserção de curvas de capability efetiva na seção "Curvas de Capability" do banco de dados "Dispositivos". Essas curvas descrevem o comportamento real de geradores, inversores e sistemas de armazenamento.

Fabricantes podem fornecer famílias de pontos de operação que relacionam a potência reativa (Q) em função da potência ativa (P). É importante notar que cada curva pode variar dependendo da tensão da rede e/ou da temperatura ambiente.

Cada curva pode ser definida através da inserção de uma identificação personalizada e de uma série de pontos discretos, extraídos da curva original fornecida no catálogo do fabricante.

Os valores de potência podem ser expressos em termos absolutos (e.g., kW, kvar) ou em valores relativos em por unidade (p.u.) com base em uma potência nominal especificada.

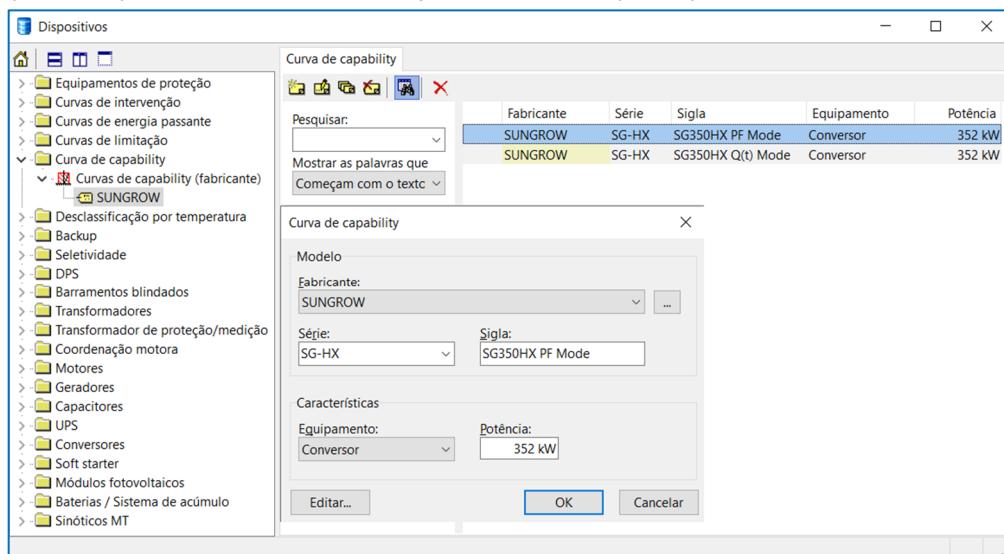
Inserção da curva

Para realizar essa operação, abra o arquivo "Dispositivos" e selecione a seção "Curvas de Capability".

Ao acionar o comando "Inserir", será aberta a janela de edição, onde deverão ser informados os dados do fabricante, a série e o código do equipamento (gerador, conversor ou sistema de armazenamento). O sistema define o *Identificador Único do equipamento* como a combinação dos campos "Fabricante", "Série" e "Sigla".

Para inserir uma nova curva, clique no botão "Editar". Essa ação abrirá a interface para a inserção dos pontos que definem a curva.

A tabela superior exibe a lista de curvas organizadas por nível de tensão e temperatura. É necessário adicionar todos os níveis de tensão e temperatura relevantes para descrever completamente as curvas fornecidas pelo fabricante.



No exemplo ilustrado, observa-se a necessidade de três níveis, sendo que dois deles apresentam sobreposição. Isso ocorre porque a curva em vermelho está associada aos níveis de tensão de 1.0 p.u. e 1.1 p.u. Recomenda-se inserir primeiro o nível de tensão 1.0 e, em seguida, adicionar o nível 1.1. Essa sequência permite aproveitar a funcionalidade do software de duplicar os pontos selecionados ao criar um novo nível, o que é particularmente útil neste caso onde os dois níveis são coincidentes.

A tabela inferior apresenta os pontos da curva selecionada. Esses pontos podem ser inseridos manualmente ou através de um assistente, conforme detalhado posteriormente.

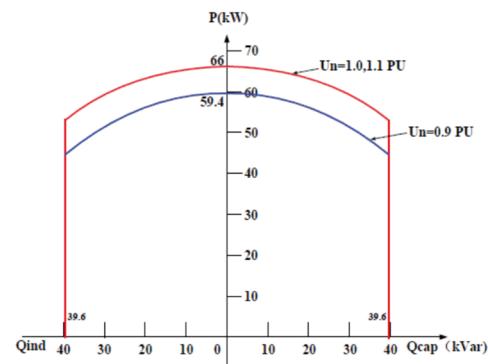
A janela de edição permite selecionar a unidade de medida dos pontos, oferecendo as opções [kW-kvar] e [p.u.]. Para o exemplo em questão, selecione a unidade [kW-kvar] e defina a potência nominal como 60 kW no campo "Características".

O software gerencia internamente os pontos em modo relativo, ou seja, como p.u., através da conversão dada por:

$$\text{p.u.} = \text{kW} / \text{Potência}$$

Atenção. Atualmente, o software não desenvolve análises de capacidade com níveis de tensão de alimentação diferentes de 1,0 p.u.

A função será implementada no futuro, enquanto isso é bom inserir os dados completos no arquivo; a temperatura ambiente, em vez disso, é usada na escolha da curva.



Procedimento guiado para criar Curva de Capability

1. Importação da Imagem da Curva:

- Copie a imagem da curva desejada para a área de transferência.

Gestão da curva de capability P/Q do fabricante e a curva V/Q

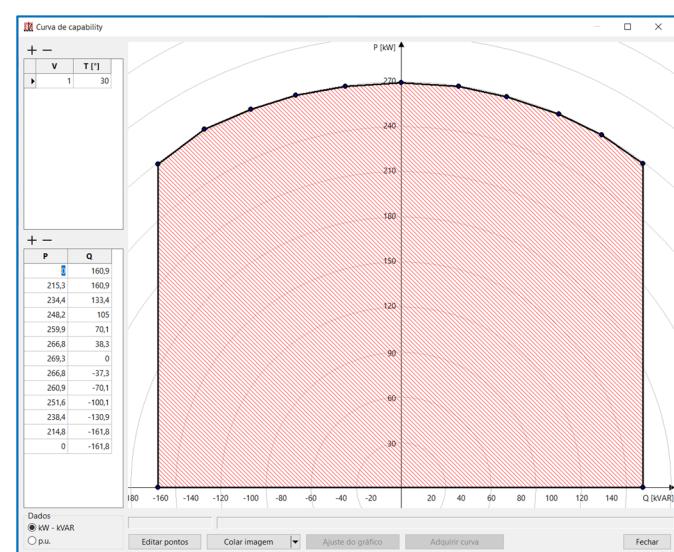
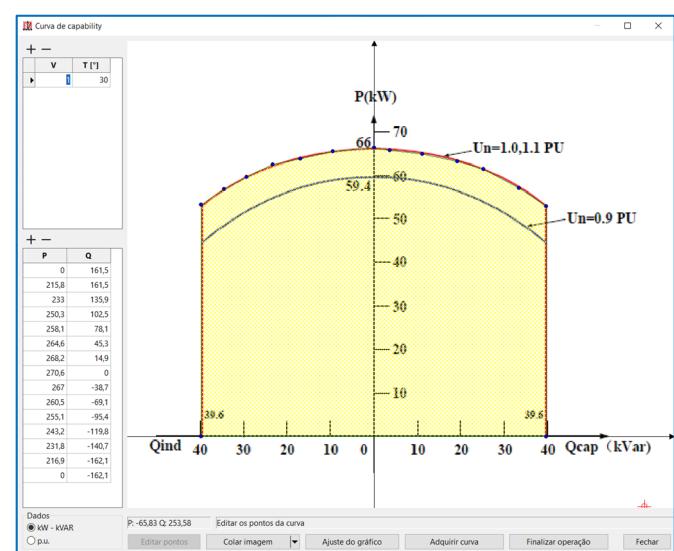
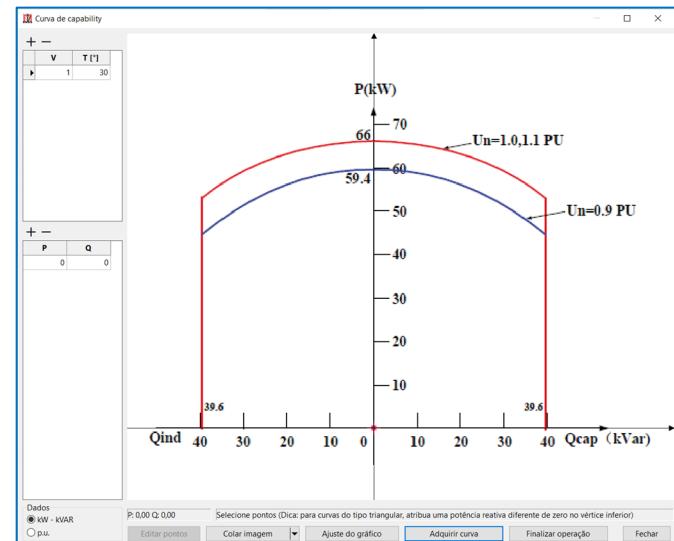
- Na interface do software, utilize o botão "Colar imagem" para inserir a imagem a partir da área de transferência. Alternativamente, é possível carregar uma imagem de um arquivo local através do comando "Abrir imagem".
 - Em caso de erro na importação, utilize o comando "Remover Imagem" para descartar a imagem atual e reiniciar o processo.
- Calibração do Gráfico: Siga as instruções exibidas na tela para realizar a calibração do gráfico.
 - Definição da Origem: Selecione o ponto que representa a origem (0,0) do gráfico.
 - Ajuste do Eixo X: Ajuste a escala do eixo horizontal (X) e insira o valor da medição correspondente à sua extensão.
 - Ajuste do Eixo Y: Ajuste a escala do eixo vertical (Y) e insira o valor da medição correspondente à sua extensão. Caso conheça o valor exato de algum ponto no gráfico, é possível editá-lo diretamente para maior precisão.
 - Captura da Curva:
 - Selecione pontos ao longo da curva (linha vermelha) no gráfico.
 - Recomenda-se proceder no sentido horário ou anti-horário, escolhendo pontos que representem fielmente o traçado da curva.
 - À medida que os pontos são selecionados, o software indica visualmente a área delimitada por eles e os adiciona a uma lista.
 - O software automaticamente conecta o último ponto selecionado ao primeiro, fechando a forma da curva. Portanto, não é necessário sobrepor o último ponto ao inicial.
 - Sugere-se iniciar a seleção no ponto de máxima potência reativa indutiva (aproximadamente 0, +Q) e prosseguir no sentido anti-horário até o ponto de máxima potência reativa capacitativa (aproximadamente 0, -Q).
 - Finalização e Armazenamento: Ao concluir a seleção dos pontos, finalize a operação. Os dados da curva serão então armazenados no sistema. Caso seja necessário, é possível realizar alterações posteriores nos valores dos pontos diretamente na lista.

Adicione nível de tensão 0,9 p.u. partindo de um conjunto de pontos com 1,0 p.u., o software duplica os pontos, mas é necessário dar o comando Adquirir para recomeçar, e obter uma situação semelhante à figura abaixo.

Complete com o comando Fechar para retornar à janela de dados iniciais da curva. Confirme com OK para inserir a curva no arquivo Dispositivos.

Agora, a curva de capacidade recém-inserida no arquivo pode ser associada ao inversor correspondente, acessando a janela de edição de dados e sua aba Capability.

Selecione o *Tipo de curva* "Curva fornecida pelo fabricante" e com o comando *Inserir* selecione a curva recém-preenchida.



Associação das curvas P/Q por pontos aos elementos da rede

O software oferece a funcionalidade de associar curvas de *capability* que descrevem o comportamento real do equipamento selecionado (geradores, inversores, sistemas de armazenamento). Fabricantes podem fornecer conjuntos de pontos que relacionam a potência reativa (Q) em função da potência ativa (P).

Utilizamos o termo "conjuntos de pontos" pois o desempenho de um equipamento pode variar significativamente em função da tensão nominal da rede e da temperatura ambiente.

Gestão da curva de capability P/Q do fabricante e a curva V/Q

Dessa forma, cada equipamento pode ser associado a múltiplas curvas de *capability*. O software, então, seleciona automaticamente a curva apropriada com base na tensão de operação e na temperatura ambiente especificadas.

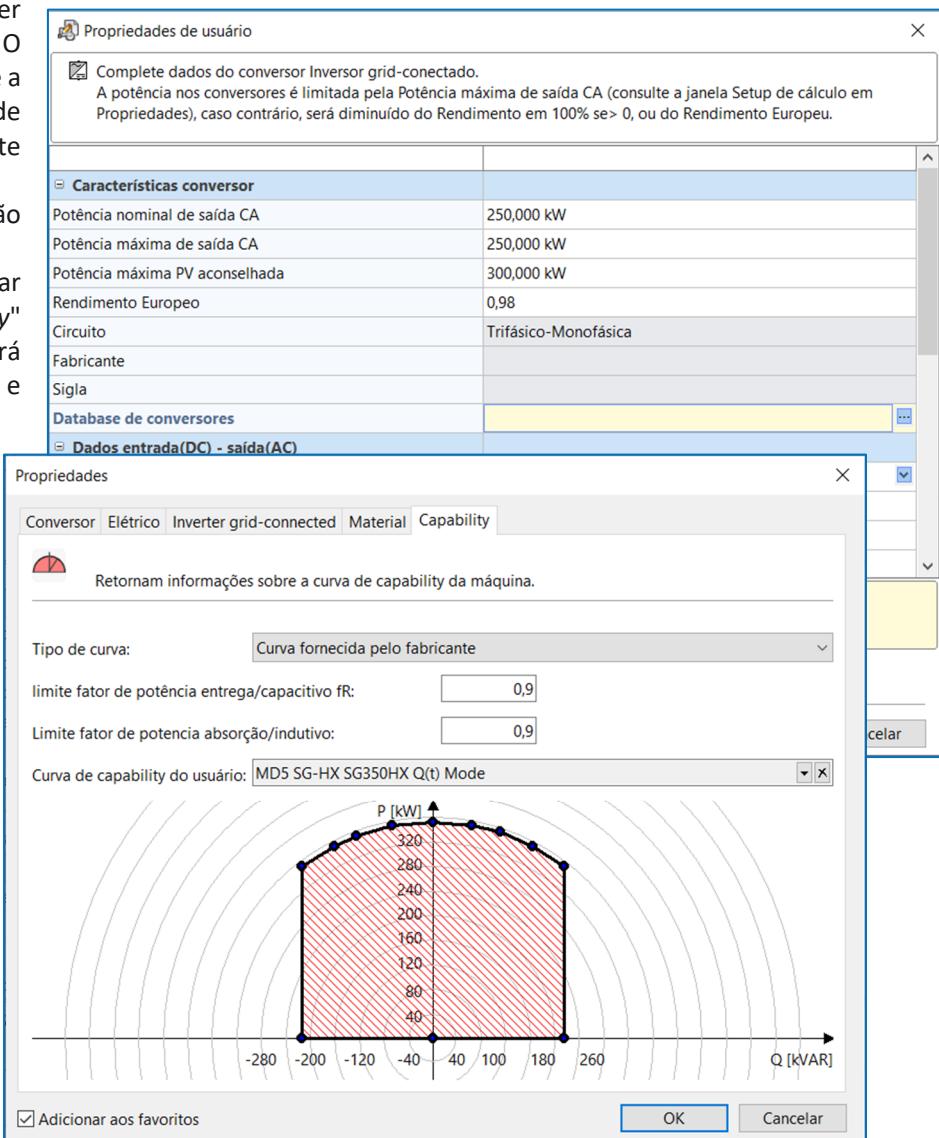
Na lista "Tipo de curva", selecione a opção "Curva fornecida pelo fabricante".

Clique no botão "[...]" para acessar diretamente o arquivo "Curvas de Capability" do "Dispositivo". Nessa janela, você poderá escolher uma curva previamente salva e associá-la ao equipamento em questão.

Utilizando o comando "Editar", é possível visualizar as informações detalhadas da curva, conforme ilustrado na figura seguinte. O exemplo demonstra uma curva semicircular limitada, definida com dados expressos em por unidade (p.u.), tendo como referência uma tensão nominal de uma unidade e uma temperatura ambiente de 30°C.

Geralmente, não é necessário atribuir a curva do fabricante diretamente ao equipamento. É suficiente selecionar o inversor, gerador ou sistema de armazenamento desejado a partir do arquivo de dispositivos, pois este já pode conter a referência à curva de *capability* do fabricante correspondente.

Ao selecionar o dispositivo, o usuário herda automaticamente a curva de *capability* associada, utilizando as informações precisas fornecidas pelo fabricante para realizar os estudos de produção a serem submetidos à concessionária de energia elétrica.



Geração da curva de capability V/Q do sistema

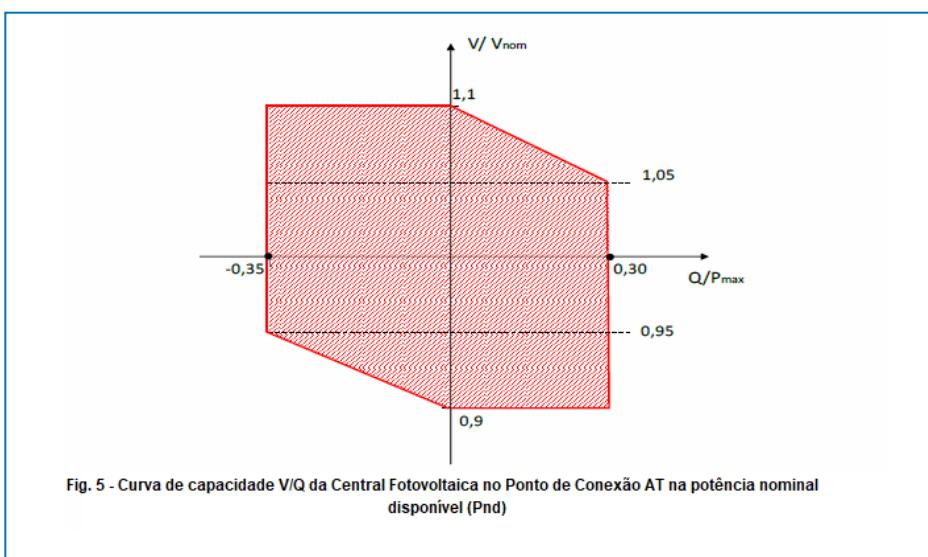
O Ampère Evolution também calcula a curva de capability V/Q, que fornece a amplitude de Q/Pnd que o sistema de geração é capaz de fornecer à rede quando a tensão de alimentação varia.

Para garantir a estabilidade da rede, os geradores não devem apenas ser capazes de produzir energia ativa, mas é essencial que eles também produzam a potência reativa exigida pela rede.

Estabelecida como referência a potência máxima produzida Pnd na tensão nominal Vn, o gráfico fornece a capacidade do sistema de produzir, com a variação da tensão, a potência reativa em sub e sobre-exitação, com os limites exibidos na figura.

Esses limites, assim como a curva de capability P/Q, dependem do tipo de sistema (fotovoltaico, eólico) e da tensão de alimentação (Tipo 1, tipo 2), e por esse motivo nos referimos mais uma vez aos Anexos A.17 e A.68 da Terna, ou do órgão de fornecimento responsável, para escolher os valores corretos.

O software cria a curva V/Q repetindo o estudo da curva de capability P/Q em diferentes tensões de alimentação, da tensão



Gestão da curva de capability P/Q do fabricante e a curva V/Q

mais baixa (normalmente 0.9 Vn) para a tensão mais alta (normalmente 1.1 Vn), e lendo os valores de $-Q$ e $+Q$ correspondentes à emissão Pnd dos geradores/inversores. Para geradores/inversores associados a uma família de curvas P/Q com valores que são em função da tensão, o software processa o valor interpolado entre as duas curvas mais próximas da tensão de operação.

As correntes capacitivas absorvidas pelas linhas também são em função da tensão, portanto, o aumento da tensão aumenta o efeito capacitivo das linhas e, consequentemente, $+Q$ aumenta, movendo o gráfico para a direita, como pode ser visto na figura.

No exemplo ao lado, a curva V/Q plotada em azul intercepta a área preenchida em vermelho, que representa o limite mínimo necessário.

Neste ponto, um método para aumentar a amplitude da potência reativa é regular a potência Pnd ativa dos geradores/inversores, fazendo-os trabalhar em áreas com maior potência reativa máxima. É possível simular esta solução pedindo ao software para calcular a curva V/Q em uma porcentagem reduzida de Pnd, por exemplo 98%, com o valor definido no campo **Curva V/Q calculada em % de Pnd**.

Neste ponto, você pode avaliar a possibilidade de ajustar a potência ativa dos geradores/inversores para trabalhar em um valor menor (por exemplo 98% como testado no exemplo) até obter uma solução ideal para o sistema.

Certamente, nas avaliações técnicas/econômicas será necessário encontrar um compromisso justo com a distribuidora de energia. É sempre importante lembrar que o estudo realizado com o software é uma simulação matemática com múltiplos graus de aproximação que juntos contribuem para o resultado final.

Por fim, ressaltamos que o estudo pode ser realizado em uma faixa de tensão personalizável utilizando os comandos V/Vnom mínimo e V/Vnom máximo. Para o cálculo da curva de capability V/Q, a faixa de tensão é dividida em várias partes, proporcionalmente à Qualidade do desenho selecionada.

