

# Serie 2024 mani nel futuro.

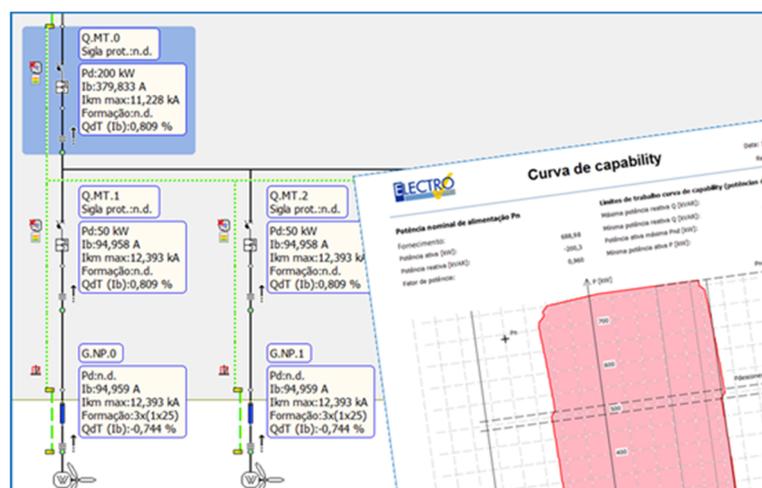
## Ampère Evolution: Cálculo de redes com geração distribuída e fontes renováveis

- Ampère Evolution para redes extensas com geração distribuída;
- Gerenciamento de elementos de rede longitudinais, resistivos e indutivos;
- Gerenciamento de elementos transversais, capacitivos e de rede;
- Compensação da potência reativa através de bancos de capacitores e reatores shunt;
- Redes com geração fotovoltaica e eólica;
- Gerador eólico (normal, doubly fed, conversor full size);
- Criação do gerador fotovoltaico (inversor, módulos, quadros de campo e cabos CC e CA);
- Cálculo da curva de Capability real tendo em conta efeitos de rede, segundo indicações normativas;
- Revisão e melhorias nas configurações do projeto;
- Gerenciamento de múltiplas configurações com recálculo em tempo real;
- Correlação entre documentação e configuração do projeto;
- Impressões e múltiplas configurações;
- Avaliação de parâmetros elétricos em diferentes situações de operação;
- Extensão ao cálculo de faltas de sistemas IT de acordo com a CEI 64-8 par.413.1.5.4;
- Novos detalhes na verificação de contatos indiretos;
- Cálculo completo das correntes mínimas de falta CC de acordo com IEC 61660-1;
- Revisão do modelo de cálculo de corrente contínua com coeficientes sigma conforme IEC 61660-1;
- Salvar no EG Cloud e compartilhar documentação;
- Resumos, por área e quadros, na documentação em PDF;
- Redimensionamento da interface de acordo com as fontes do sistema;
- ELink – Compatibilidade com Revit 2024;
- ELink - Novas regras de roteamento de cabos;
- Ampliação e atualização do arquivo de dispositivos.

Ampère Evolution é o novo software de cálculo de redes elétricas da Electro Graphics. Ele fornece as ferramentas necessárias para estudar **sistemas de grande escala alimentados por fontes renováveis, como energia solar e eólica.**

Para essas situações, é fundamental o estudo dos efeitos dos **elementos longitudinais e transversais** da rede no cálculo do Load Flow e das Curvas de Capability. O software também desenvolve **modelos de redes para geradores eólicos** e sistemas de **compensação automática de potência reativa.**

Além disso, Ampère Evolution utiliza uma nova ferramenta para a **criação guiada de um sistema fotovoltaico.** Essa ferramenta permite a escolha automática e controlada dos módulos fotovoltaicos, a correlação com os inversores e a definição dos cabos de ligação do sistema fotovoltaico.



Para o futuro, o software visa acompanhar e gerenciar as evoluções técnicas de redes elétricas alimentadas por fontes de energia renováveis, sistemas de armazenamento de média e alta tensão, e sistemas de carregamento de veículos elétricos EV. O software considera as especificações técnicas de ligações definidas pelo órgão técnico nacional e pelas distribuidoras de energia.

Ampère Evolution é um importante avanço no cálculo de redes elétricas com geração distribuída. O software amplia significativamente as possibilidades de projeto de redes, estendendo o campo a situações de geração distribuída com o uso de **fontes renováveis**, na perspectiva de uma **Smart grid.**

Com o **Ampère Evolution**, a **Electro Graphics** reafirma seu compromisso com a inovação e a tecnologia. O software é uma ferramenta essencial para projetistas que buscam soluções eficientes e confiáveis para o projeto de redes elétricas.

## Conexão de sistemas eólicos e fotovoltaicos

O gerenciamento de sistemas eólicos e fotovoltaicos exige o cumprimento de determinados requisitos impostos pela distribuidora de energia, em relação às potências ativas e reativas disponíveis no ponto de ligação.

Em particular, a potência reativa sobreexcitada pode variar segundo uma curva desde o valor de 35% Pnd até um valor mínimo de 20% Pnd correspondente a um valor de potência ativa igual ao Pnd. Ou seja, conforme mostra a figura, deve ser garantida uma faixa segura de potência reativa, pois a potência ativa fornecida à rede varia.

Apenas com o ajuste dos pontos de funcionamento dos geradores ou inversores poderá ser impossível garantir 20% do Pnd, a menos que sejamos obrigados a aumentar a própria potência nominal, o que não é uma solução conveniente.

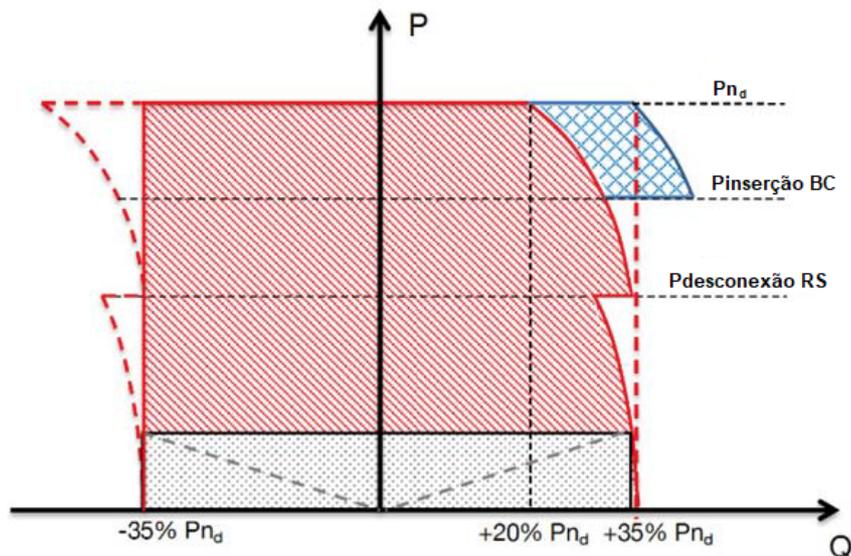
É possível utilizar sistemas automáticos de correção do fator de potência para equilibrar o excesso de potência capacitiva em baixa carga ou para fornecer potência capacitiva em alta carga, quando as linhas absorvem potência indutiva devido às altas correntes envolvidas.

Esta utilização, no entanto, deve obedecer às regras específicas, e o software Ampère Evolution implementa o que está definido no Anexos A.17 e A.68 da Terna, que reportamos a seguir.

“Dentro das áreas vermelha e cinza indicadas na figura, estão excluídos os ajustes através da inserção/desconexão de elementos de compensação estática, com exceção dos dois casos descritos abaixo.

- Acima de um limite de potência ativa acordado entre a Terna e o Cliente ao nível do Regulamento de Funcionamento (PdesconexãoRS), pode ser prevista a desconexão dos reatores de compensação shunt da rede MT da central (se presentes), recuperando áreas de controlo de reativos.
- No caso de presença de bancos de capacitores (se solicitados pela Terna) estes devem ser inseridos acima de um limite de potência ativa (Pinserção BC) e abaixo de uma determinada tensão (Vinservação BC) acordada entre a Terna e o Usuário ao nível do Regulamento Operacional para compensar parcialmente as perdas indutivas residuais conforme indicado pela área preenchida em azul na figura.

É necessário que através desta compensação seja garantido um valor de potência reativa capacitiva produzida de 35% Pnd para valores de potência ativa Pnd, com precisão mínima de  $\pm 2\%$  Pnd em Vn.”



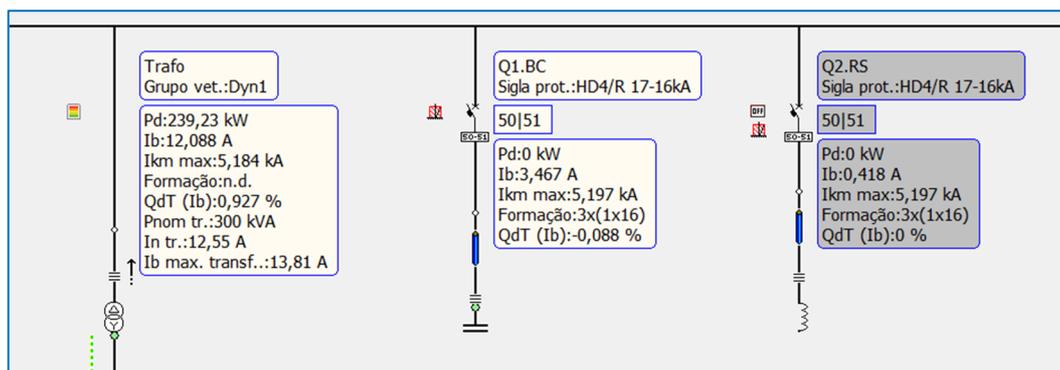
Com o que foi definido, o software Ampère Evolution permite definir usuários do tipo Banco de Capacitores e usuários do tipo Reator Shunt com um valor fixo de inserção ou desconexão em relação à potência ativa medida no ponto de conexão.

Vejamos abaixo um caso de aplicação: a figura a seguir representa um projeto elaborado com três elementos de compensação reativa, um Reator Shunt e dois Bancos de Capacitores.

A potência fornecida na fonte é de aproximadamente 2.030 kW, e conseqüentemente o projeto está trabalhando com o Reator Shunt desligado, pois a potência de desconexão de 700 kW já foi ultrapassada.

Está ativo o primeiro Banco de Capacitores, com potência de inserção de 1.800 kW. O segundo Banco de Capacitores ainda está desligado e será acionado caso a potência ativa fornecida ultrapasse o limite de 2.400 kW.

Para simplificar, os três usuários colocam em jogo potências reativas Q de 100 kVAR, fornecendo as etapas necessárias para conter a potência reativa dentro dos limites de 20% e 35% exigidos pela distribuidora de energia.



## Banco de Capacitores

Os Bancos de Capacitores são gerenciados pelo software Ampère Evolution como uma variante de usuários capacitivos. Em particular, para atender aos requisitos dos anexos descritos anteriormente, os Bancos de Capacitores possuem uma *Potência de inserção ativa*, que comanda o fechamento da proteção do banco quando este limite for ultrapassado e a desconexão caso a potência ativa absorvida no nível de alimentação retorne a um valor mais baixo.

Além disso, essas capacidades não podem ter ajustes, pois são um único banco com potência reativa fixa. O projetista pode criar vários usuários semelhantes com valores de potência reativa e potência de inserção diferentes, mas independentes.

No caso real procederemos da seguinte forma.

1. Abra ou crie um usuário capacitivo.
2. Acesse a caixa de diálogo Propriedades do usuário usando o botão [...] próximo a Capacidade.
3. Selecione *Banco de capacitores Capability* na lista suspensa *Tipo*.

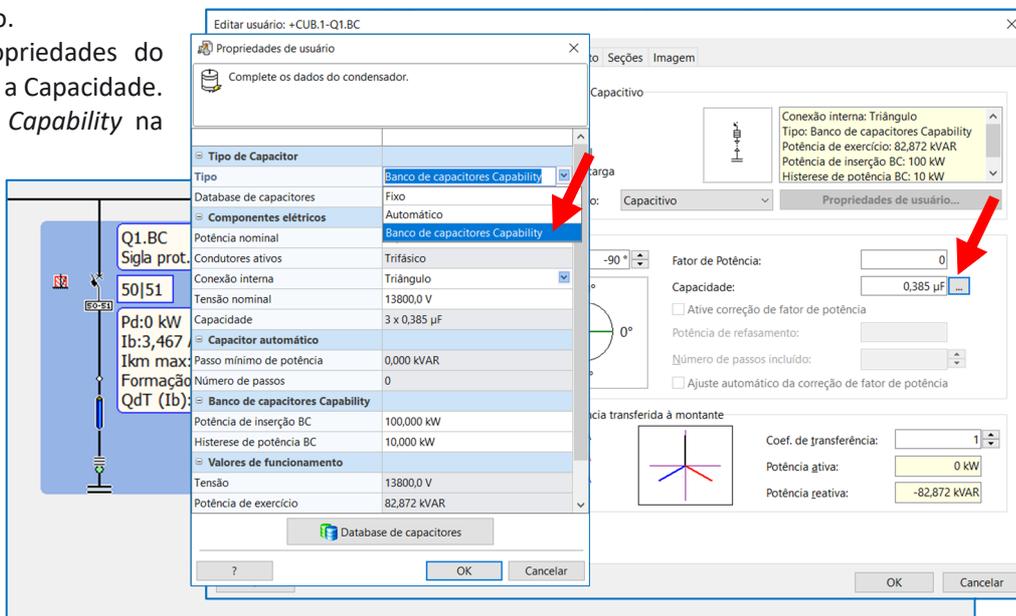
Nos componentes elétricos, defina o tamanho dos capacitores, e em paralelo quantos microfarads são necessários para a tensão nominal de trabalho.

Em seguida, defina a *Potência de inserção BC*, valor que é comparado com a potência ativa fornecida pela distribuidora. O software simula a presença de um medidor de energia posicionado no ponto de entrega (alimentação à qual o banco de capacitores está conectado eletricamente), cuja lógica de funcionamento ativa ou desativa o usuário. Para desativar o banco de capacitores, insira um valor alto (maior que a potência máxima de saída): só assim é possível congelar o usuário e desativá-lo completamente.

Entre os dados configuráveis está também a *Histerese de potência do BC*, cujo efeito só é visto em nível gráfico na representação da Curva de Capability.

Nota. Os usuários do tipo *Banco de Capacitores* são destacados na grade usando o símbolo da *Curva de Capability*, que ajuda a identificar sua funcionalidade específica. Deve-se ressaltar também que estes usuários só podem ser ativados ou desativados pelo software, o projetista deve impor um limite alto para nunca ter os capacitores conectados à rede.

Além disso, lembramos que a modalidade de trabalho que considera os elementos da rede deve estar ativa, o que é fundamental para ativar todas as funcionalidades avançadas dedicadas ao estudo dos sistemas eólicos e fotovoltaicos fornecidos pelo Ampère Evolution (ver a aba *Elementos da Rede* da janela *Propriedades*).

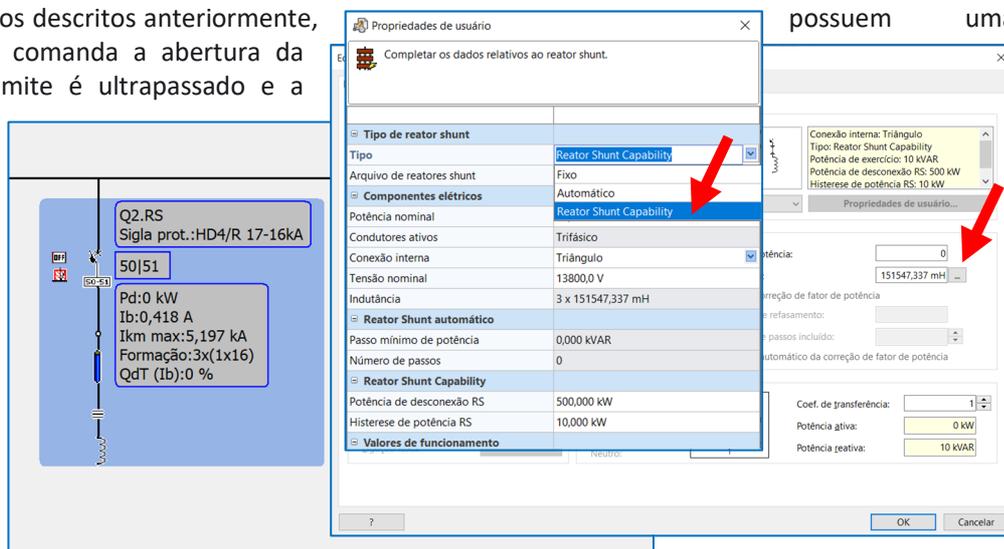


## Reatores Shunt

Os *Reatores shunt* são gerenciados pelo software Ampère Evolution como uma variante dos usuários indutivos. Em particular, para atender aos requisitos dos anexos descritos anteriormente, *Potência ativa de desconexão*, que comanda a abertura da proteção do reator quando este limite é ultrapassado e a ativação se a potência ativa absorvida no nível de alimentação retornar a um valor inferior.

Além disso, esses indutores não podem ter ajustes, portanto são um único reator shunt com potência reativa fixa. O projetista pode criar vários usuários semelhantes com valores de potência reativa e potência de inserção diferentes, mas independentes.

No caso real procederemos da seguinte forma.



1. Abra ou crie um usuário do tipo Reator Shunt.
2. Acesse a caixa de diálogo Propriedades do usuário usando o botão [...] próximo a Indutância.
3. Selecione Reator Shunt Capability na lista suspensa Tipo.

Nos componentes elétricos, defina o tamanho do reator, e paralelamente quantos milihenrys são necessários para a tensão nominal de trabalho.

Em seguida, defina a *Potência de desconexão RS*, valor que é comparado com a potência ativa fornecida pela distribuidora. O software simula a presença de um medidor de energia posicionado no ponto de entrega (alimentação à qual o reator shunt está conectado eletricamente), cuja lógica de funcionamento ativa ou desativa o usuário.

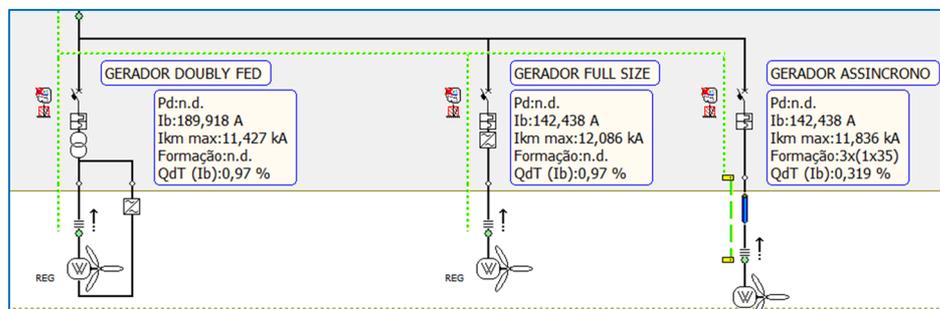
Para desabilitar o reator shunt, insira um valor zero; esta é a única forma de “congelar” o usuário e desativá-lo completamente. Entre os dados está também a *Histerese de potência RS*, cujo efeito só é visto a nível gráfico na representação da Curva de Capability.

Nota. Os usuários do tipo Reator Shunt são destacados em malha com o símbolo da Curva de Capability, que ajuda a identificar sua funcionalidade específica. Deve-se sublinhar que estes usuários só podem ser ativados ou desativados pelo software; o projetista deve impor um limite zero para nunca conectar os reatores à rede. Além disso, lembramos que a modalidade de trabalho que considera os elementos da rede deve estar ativa, o que é fundamental para ativar todas as funcionalidades avançadas dedicadas ao estudo dos sistemas eólicos e fotovoltaicos fornecidos pelo Ampère Evolution (ver a aba *Elementos da Rede* da janela *Propriedades*).

## Geradores eólicos

O software permite a criação de três tipos de geradores eólicos tendo como modelo elétrico as definições reportadas na norma *CEI EN 60909-0*. Os modelos permitem o cálculo das correntes de curto-circuito de geradores assíncronos, assíncronos com alimentação doubly fed, e geradores com conversores full size.

Para geradores doubly fed os valores de corrente referem-se aos terminais a montante do transformador, pois o gerador e o transformador são considerados uma única unidade. Da mesma forma, para o gerador com conversor full size, os valores devem ser entendidos a montante do conversor. Os geradores doubly fed e com conversor full size permitem o ajuste da potência reativa e o suporte de correntes de falta, conforme frequentemente exigido pelas normas de ligação à rede elétrica. Os fatores de correção *KT* não são aplicados aos geradores eólicos.



## Eólico assíncrono

A impedância  $Z_G$  do gerador assíncrono é calculada com a fórmula:

Onde

- $U_{rG}$  é a tensão nominal do gerador;
- $S_{rG}$  é a potência aparente do gerador;
- $I_{LR}/I_{rG}$  é a razão entre a corrente do rotor bloqueado e a corrente nominal do gerador;

$$Z_G = \frac{1}{I_{LR}/I_{rG}} \cdot \frac{U_{rG}^2}{S_{rG}}$$

O software permite atribuir  $R_G$  com base no  $X_G$ , e caso essa informação não seja conhecida sim aplique  $R_G/X_G = 0,1$ .

$$Z_G = R_G + jX_G$$

## Eólico doubly fed

A impedância total de sequência direta  $Z_{WD}$  de uma estação com gerador eólico assíncrono com alimentação doubly fed é calculada com a fórmula:

$$Z_{WD} = \frac{\sqrt{2} \cdot k_{WD} \cdot U_{rTHV}}{\sqrt{3} \cdot i_{WDmax}}$$

Onde

- $U_{rTHV}$  é a tensão nominal do primário do transformador;
- $k_{WD}$  é o fator de cálculo da corrente de pico, fornecido pelo fabricante e referente ao lado primário da unidade;
- $i_{WDmax}$  é corrente máxima de curto-circuito trifásico;

Se  $k_{WD}$  não for conhecido, pode utilizar o valor  $k_{WD} = 1,7$ .

O software permite atribuir  $R_{WD}$  como uma função de  $X_{WD}$  e, se esta informação não for conhecida, aplica-se  $R_{WD}/X_{WD} = 0,1$ .

$$Z_{WD} = R_{WD} + jX_{WD}$$

## Eólico conversor full size

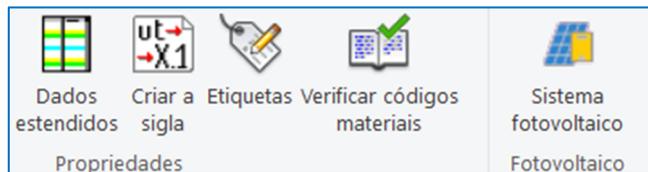
A impedância depende do tipo de conversor, e para o software presume-se que seja a mesma utilizada para sistemas de armazenamento. Então a fórmula é a que está ao lado:

O suporte da corrente de falta deve ser habilitado nos parâmetros do gerador na caixa de diálogo Propriedades do usuário.

$$Z_{PF} = \frac{1}{k_u} \cdot \frac{1}{I_{cc}/I_n} \cdot \frac{U^2}{P_{NINV}}$$

## Composição do sistema fotovoltaico

Ampère Evolution disponibiliza o dimensionamento guiado do Sistema Fotovoltaico na aba Ferramentas da barra de comandos para criação de um sistema fotovoltaico, definindo a composição do campo de módulos fotovoltaicos, inversores e cabos de conexão. Para iniciar o comando de composição do sistema fotovoltaico, é necessário escolher um usuário de distribuição ao qual conectar o sistema.



A interface é composta por três páginas que devem ser preenchidas sequencialmente:

- Componentes: definição da potência a ser instalada, escolha do módulo fotovoltaico e busca automática de inversores;
- Verificações: reporta o resultado das verificações de coerência elétrica na configuração definida do sistema;
- Cabos: definição de cabos e seções de conexão do sistema fotovoltaico em CC e CA.

Para mais detalhes, consulte o guia de referência Ampère no capítulo "Redes com sistemas fotovoltaicos".

Nota. O compositor não realiza cálculos de produtividade.

Composição do sistema fotovoltaico
- □ ×

Componentes | Verificações | Cabos

### Componentes

Tipo de módulos fotovoltaicos, inversor e proteções. Dados de dimensionamento.

---

**Módulo fotovoltaico**

Módulo fotovoltaico:  Selecionar... ▾

Potência nominal:  Área:  Propriedades

Usar otimizador de potência

Propriedades

---

**Inversor**

Temperatura de operação Mínimo:  Máximo:

O número de módulos:  Área total:  Potência:

⚙️ Dimensionamento assistido

Inversor:  Seleção manual

Número de inversores:  Nº máximo de ingressos utilizados:  Propriedades

Rastreadores simétricos:

Número de rastreadores	MPPT 1
Módulos em série	<input type="text" value="25"/>
Séries fotovoltaicas em paralelo	<input type="text" value="10"/>
Tensão de MPP (STC)	1042,5 V
Número de módulos	250

Mesma configuração para todos os inversores

---

**Dimensionamento**

Número total de módulos:  Potência nominal:  Opções

Potência de pico:  Proteções

Peso total dos módulos:  Quoc. de dimensionamento:

? Guia
OK
Cancelar