

# Aprimorando a Confiabilidade do UPS com as Vantagens dos Sistemas de Baterias Distribuídas

O Papel Crítico das Baterias nos UPSs e na Infraestrutura

Redundância

Sistemas UPS Monolíticos

Sistemas UPS Modulares

**Baterias Distribuídas ou Centralizadas: Diferentes Arquiteturas, Diferentes Contrapartidas**

Arquitetura de Baterias Centralizadas

Arquitetura de Baterias Distribuídas

**Examinando a Resiliência do Sistema em Diferentes Cenários: Baterias Centralizadas versus Baterias Distribuídas**

*I. Curtos Circuitos entre o Disjuntor da Bateria (BCB) e o UPS*

*II. Isolamento da Falha da Bateria*

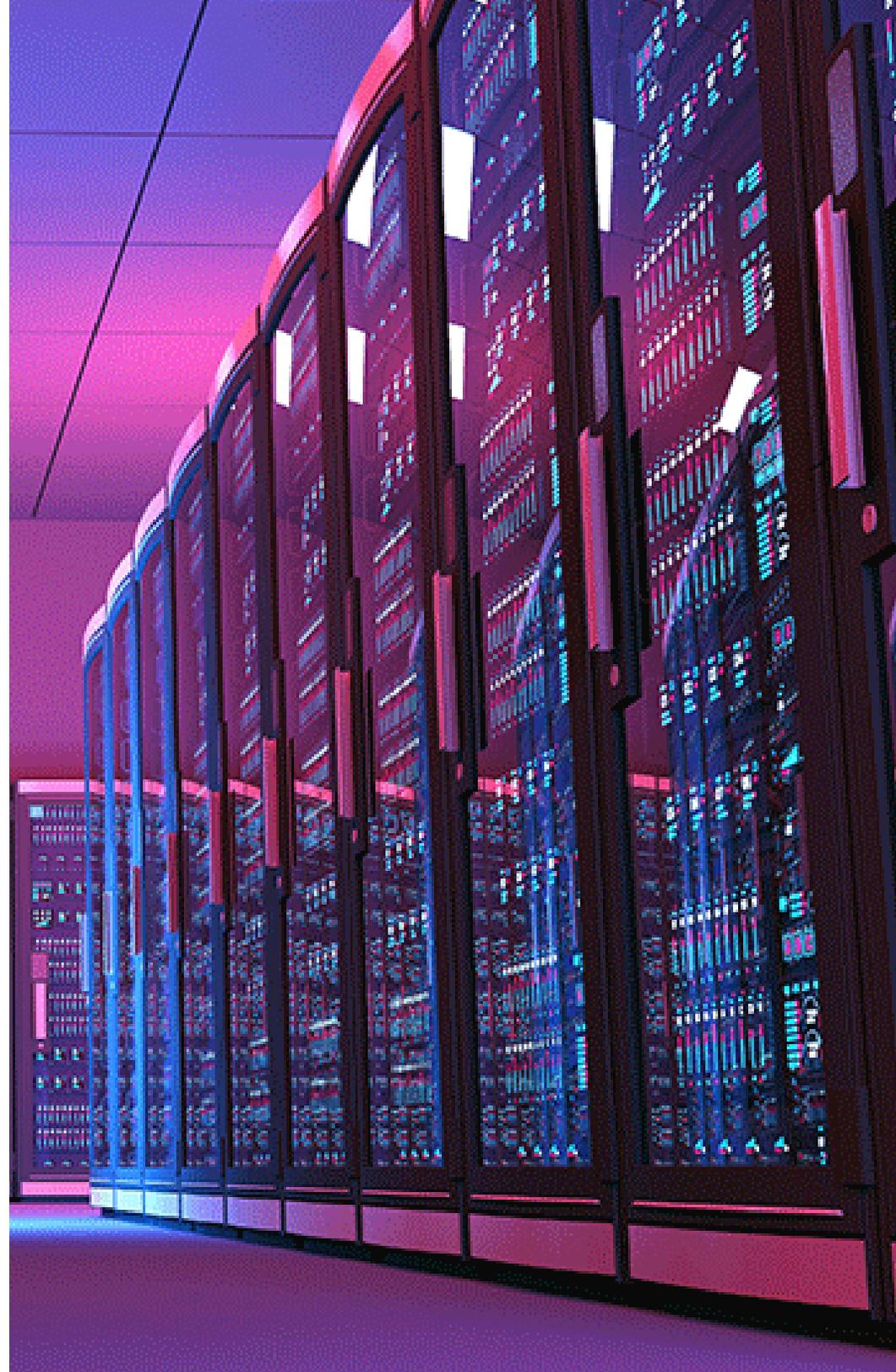
*III. Custo da Proteção da Alimentação de CC (BCB)*

*IV. Configuração do BCB*

**Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Operação Regular Sem Falha na Rede Elétrica**

**Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Descarga da Bateria por Falha na Rede Elétrica**

Conclusão



## O Papel Crítico das Baterias nos UPSs e na Infraestrutura

Redundância

Sistemas UPS Monolíticos

Sistemas UPS Modulares

**Baterias Distribuídas ou Centralizadas: Diferentes Arquiteturas, Diferentes Contrapartidas**

Arquitetura de Baterias Centralizadas

Arquitetura de Baterias Distribuídas

**Examinando a Resiliência do Sistema em Diferentes Cenários: Baterias Centralizadas versus Baterias Distribuídas**

*I. Curtos Circuitos entre o Disjuntor da Bateria (BCB) e o UPS*

*II. Isolamento da Falha da Bateria*

*III. Custo da Proteção da Alimentação de CC (BCB)*

*IV. Configuração do BCB*

**Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Operação Regular Sem Falha na Rede Elétrica**

**Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Descarga da Bateria por Falha na Rede Elétrica**

**Conclusão**

## *As baterias distribuídas se destacam na melhoria da confiabilidade de sistemas UPS modulares de grande porte através da otimização perfeita da tolerância a falhas*

Fontes de alimentação de energia ininterrupta (UPS) são críticas para manter a qualidade da energia e garantir a disponibilidade contínua de diversas aplicações. Elas garantem a confiabilidade e a consistência do fornecimento de energia, protegendo equipamentos eletrônicos contra disrupções, faltas de energia elétrica e danosos picos de tensão.

Sistemas UPS são também projetados para proporcionar energia elétrica de backup durante interrupções ou instabilidade na rede elétrica. Dependendo da aplicação, isso permite que fontes de alimentação de backup de longo prazo sejam inicializadas (como células de combustível e geradores a gás natural, entre outras). Esse caso de uso é a utilização mais comum dos sistemas UPS em data centers de grande porte, onde a continuidade dos negócios é fundamental.



## O Papel Crítico das Baterias nos UPSs e na Infraestrutura

As baterias são o coração da funcionalidade do UPS durante uma queda na energia da rede elétrica. Os sistemas UPS armazenam energia nas baterias durante a operação regular da rede elétrica e usam a energia das baterias no caso de uma interrupção na rede elétrica. Em data centers de grande porte, isto permite uma transição perfeita para a energia de backup de longo prazo, como geradores, células de combustível ou geradores a gás natural, mitigando possíveis disrupções prejudiciais na carga crítica de TI.

As baterias podem ser integradas diretamente na estrutura do UPS para quando há necessidade de menos potência.

Entretanto, para aplicações de maior potência normalmente são necessários gabinetes externos de baterias dedicados.

Existem diferentes arquiteturas de UPS para aplicações de maior potência, como aquelas geralmente vistas em data centers de grande porte. E outros layouts são possíveis para o sistema resultante formado pelo UPS e as baterias.

A próxima seção fornece uma visão geral de conceitos e arquiteturas relevantes para sistemas UPS trifásicos de grande porte.

## WHITE PAPER DA VERTIV

### O Papel Crítico das Baterias nos UPSs e na Infraestrutura

#### Redundância

#### Sistemas UPS Monolíticos

#### Sistemas UPS Modulares

#### Baterias Distribuídas ou Centralizadas: Diferentes Arquiteturas, Diferentes Contrapartidas

#### Arquitetura de Baterias Centralizadas

#### Arquitetura de Baterias Distribuídas

#### Examinando a Resiliência do Sistema em Diferentes Cenários: Baterias Centralizadas versus Baterias Distribuídas

##### I. Curtos Circuitos entre o Disjuntor da Bateria (BCB) e o UPS

##### II. Isolamento da Falha da Bateria

##### III. Custo da Proteção da Alimentação de CC (BCB)

##### IV. Configuração do BCB

#### Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Operação Regular Sem Falha na Rede Elétrica

#### Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Descarga da Bateria por Falha na Rede Elétrica

#### Conclusão

## Redundância

Configurações da redundância em sistemas UPS são essenciais mais aumentar a confiabilidade e garantir o fornecimento contínuo da energia. As configurações mais comuns de redundância são:

- Redundância N: Não existem sistemas ou módulos redundantes em uma configuração N. O sistema possui um único módulo UPS, tornando-o mais vulnerável a falhas.
- Redundância N+1: Nessa configuração, há “N” módulos UPS ativos, cada um capaz de lidar com toda a carga de maneira independente. O “+1” representa um módulo UPS extra em standby. Se qualquer módulo ativo falhar ou necessitar de manutenção, o módulo em standby automaticamente assume, garantindo uma alimentação de energia ininterrupta para a carga.

A redundância N+1 proporciona confiabilidade e tolerância a falhas ao mesmo tempo que permite a manutenção ou a troca de módulos individuais sem nenhuma indisponibilidade (downtime).

- Redundância 2N: A redundância 2N é uma redundância de alto nível, na qual dois sistemas UPS paralelos totalmente independentes são instalados. Cada sistema pode dar suporte à toda a carga de maneira independente. Se um sistema passar por uma falha ou estiver em manutenção, o outro sistema fornece energia sem interrupções. A redundância 2N oferece a maior tolerância a falhas e confiabilidade, tornando-a adequada para aplicações de missão crítica onde uma indisponibilidade é inaceitável.

## Sistemas UPS Monolíticos

Em um design convencional, um subsistema UPS monolítico pode ser composto de:

- Um componente atuando como um retificador
- Um componente atuando como um booster da bateria
- Um componente atuando como um inversor
- Uma chave estática de bypass (STS)

Um UPS monolítico é composto de um único ou vários subsistemas que se comportam como uma entidade única. UPSs monolíticos podem oferecer proteção de energia satisfatória para as cargas críticas ou podem ser combinados em blocos formando sistemas de barramento duplo ou sistemas em paralelo.

UPSs monolíticos têm uma topologia e uma lógica de controle relativamente simples. Entretanto, isso gera algumas limitações funcionais: por exemplo, UPSs monolíticos não são normalmente projetados para serem escalados de forma a aumentar sua potência instalada e se adaptarem, caso a aplicação do usuário passe por mudanças importantes. Além disso, UPSs monolíticos normalmente não possuem redundância interna.

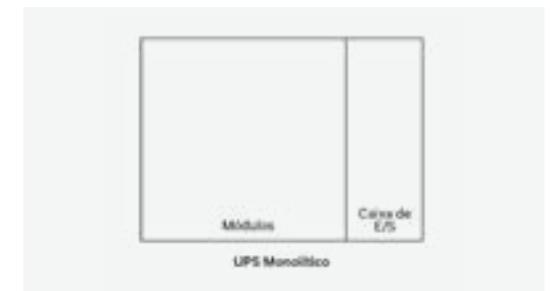


Figura 1. Design convencional de sistema UPS monolítico.

## WHITE PAPER DA VERTIV

### O Papel Crítico das Baterias nos UPSs e na Infraestrutura

#### Redundância

#### Sistemas UPS Monolíticos

#### Sistemas UPS Modulares

#### Baterias Distribuídas ou Centralizadas: Diferentes Arquiteturas, Diferentes Contrapartidas

#### Arquitetura de Baterias Centralizadas

#### Arquitetura de Baterias Distribuídas

#### Examinando a Resiliência do Sistema em Diferentes Cenários: Baterias Centralizadas versus Baterias Distribuídas

##### *I. Curtos Circuitos entre o Disjuntor da Bateria (BCB) e o UPS*

##### *II. Isolamento da Falha da Bateria*

##### *III. Custo da Proteção da Alimentação de CC (BCB)*

##### *IV. Configuração do BCB*

#### Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Operação Regular Sem Falha na Rede Elétrica

#### Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Descarga da Bateria por Falha na Rede Elétrica

#### Conclusão

## Sistemas UPS Modulares

Um sistema UPS modular é composto de uma estrutura para o UPS que é populada com módulos de energia. Os módulos de energia podem ser dispostos em configurações de capacidade ou redundância. Controles de UPSs modulares possibilitam que cada módulo de energia seja independente dos demais. Este é muitas vezes o caso em que os módulos de energia podem ser seguramente removidos, ou instalados, de um sistema ativo (recursos conhecidos como “troca a quente” (hot-swap) e “escalabilidade a quente” (hot-scaling).

#### Benefícios da redundância e da escalabilidade:

- Permite a adição de módulos para uma redundância N+!
- Garante a alimentação contínua da energia mesmo se houver falhas ou manutenção nos módulos
- Evita o sobredimensionamento inicial através de modificações no sistema ao longo de sua vida
- Iguala a capacidade ou a redundância às mudanças na carga

#### Tolerância a falhas:

- Exibe níveis mais altos de tolerância a falhas nos designs modulares
- Isola falhas nos módulos através de configurações redundantes
- Contém as falhas dentro das configurações de capacidade de cada módulo
- Resposta localizada a falhas melhora a resiliência do sistema
- Minimiza os riscos de faltas de energia generalizadas
- Contribui para a confiabilidade geral dos designs de UPSs modulares



UPS Modular Vertiv™ Trinergy™ © 2024 Vertiv Group Corp

## O Papel Crítico das Baterias nos UPSs e na Infraestrutura

Redundância

Sistemas UPS Monolíticos

Sistemas UPS Modulares

### Baterias Distribuídas ou Centralizadas: Diferentes Arquiteturas, Diferentes Contrapartidas

#### Arquitetura de Baterias Centralizadas

#### Arquitetura de Baterias Distribuídas

### Examinando a Resiliência do Sistema em Diferentes Cenários: Baterias Centralizadas versus Baterias Distribuídas

*I. Curtos Circuitos entre o Disjuntor da Bateria (BCB) e o UPS*

*II. Isolamento da Falha da Bateria*

*III. Custo da Proteção da Alimentação de CC (BCB)*

*IV. Configuração do BCB*

**Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Operação Regular Sem Falha na Rede Elétrica**

**Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Descarga da Bateria por Falha na Rede Elétrica**

Conclusão

## Baterias Distribuídas ou Centralizadas: Diferentes Arquiteturas, Diferentes Contrapartidas

Uma das decisões mais críticas na implementação de UPSs giram ao redor da arquitetura das baterias. A escolha entre baterias distribuídas ou centralizadas tem um grande impacto sobre a resiliência, a eficiência e a manutenção do sistema. A decisão não deve ser limitada a uma escolha meramente técnica. Ao contrário, ela deve ser vista como uma decisão mais ampla, envolvendo contrapartidas no nível da aplicação e como a configuração escolhida atende às necessidades específicas da aplicação ou do cliente.

### Arquitetura de Baterias Centralizadas

Em sistemas UPS, a arquitetura envolve conectar todas as baterias a um único ponto. Essa arquitetura apresenta uma solução com instalação mais simples e com ótimo custo-benefício em relação aos componentes primários do sistema de baterias. Entretanto, o custo dos dispositivos auxiliares (ou seja, os disjuntores das baterias) pode ser mais alto, e por uma perspectiva puramente técnica e de performance, os sistemas de baterias centralizados têm limitações em relação ao isolamento de falhas.

Em sistemas de UPSs individuais, a arquitetura de baterias centralizada pode ser aplicada a UPSs monolíticos e modulares.

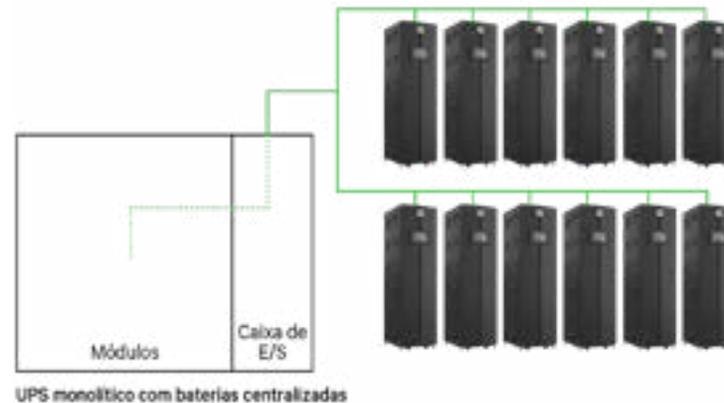


Figura 2. Exemplo de sistema de baterias centralizado com UPSs monolíticos.

**WHITE PAPER DA VERTIV****O Papel Crítico das Baterias nos UPSs e na Infraestrutura****Redundância****Sistemas UPS Monolíticos****Sistemas UPS Modulares****Baterias Distribuídas ou Centralizadas: Diferentes Arquiteturas, Diferentes Contrapartidas****Arquitetura de Baterias Centralizadas****Arquitetura de Baterias Distribuídas****Examinando a Resiliência do Sistema em Diferentes Cenários: Baterias Centralizadas versus Baterias Distribuídas*****I. Curtos Circuitos entre o Disjuntor da Bateria (BCB) e o UPS******II. Isolamento da Falha da Bateria******III. Custo da Proteção da Alimentação de CC (BCB)******IV. Configuração do BCB*****Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Operação Regular Sem Falha na Rede Elétrica****Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Descarga da Bateria por Falha na Rede Elétrica****Conclusão****Arquitetura de Baterias Distribuídas**

Tem uma abordagem modular, com cada módulo de energia pareado com seu gabinete de baterias dedicado. Esse arranjo oferece uma maior proteção total a carga e diversos benefícios atraentes que serão explicados em profundidade nos capítulos a seguir.

UPSs monolíticos não têm um design modular e, portanto, não podem ser compatíveis com baterias distribuídas em um sistema de UPSs individuais. A arquitetura de baterias distribuídas pode ser aplicada apenas a sistemas UPS modulares, já que cada grupo de baterias é pareado a cada módulo de um UPS modular.

Entretanto, nem todos os UPSs modulares são compatíveis com baterias distribuídas. Diversos UPSs modulares no mercado não oferecem essa possibilidade, já que não têm um par de barras de alimentação em CC.



*Figura 3. Exemplo de um sistema de baterias distribuídas com o UPS modular Vertiv™ Trinergy™ e gabinetes de baterias de íon-lítio Vertiv™ EnergyCore que entregam autonomia de 5 minutos a carga de até 250 kW CA, reduzindo o espaço ocupado.*

O Papel Crítico das Baterias nos UPSs e na Infraestrutura

Redundância

Sistemas UPS Monolíticos

Sistemas UPS Modulares

Baterias Distribuídas ou Centralizadas: Diferentes Arquiteturas, Diferentes Contrapartidas

Arquitetura de Baterias Centralizadas

Arquitetura de Baterias Distribuídas

Examinando a Resiliência do Sistema em Diferentes Cenários: Baterias Centralizadas versus Baterias Distribuídas

I. Curtos Circuitos entre o Disjuntor da Bateria (BCB) e o UPS

II. Isolamento da Falha da Bateria

III. Custo da Proteção da Alimentação de CC (BCB)

IV. Configuração do BCB

Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Operação Regular Sem Falha na Rede Elétrica

Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Descarga da Bateria por Falha na Rede Elétrica

Conclusão

Examinando a Resiliência do Sistema em Diferentes Cenários: Baterias Centralizadas versus Baterias Distribuídas

Baterias distribuídas aumentam os benefícios de ter um sistema UPS modular, ao passo que diversas contrapartidas precisam ser consideradas com baterias centralizadas. Projetar um sistema UPS modular com baterias distribuídas traz muitas vantagens:

1. Curtos Circuitos entre o Disjuntor da Bateria (BCB) e o UPS

As vantagens de um sistema de baterias distribuídas tornam-se particularmente evidentes quando consideramos os possíveis cenários de curto circuito entre o disjuntor da bateria (BCB) e o UPS. Essa falha pode ocorrer devido à perda de isolamento dos cabos de alimentação de CC devido a condições ambientais, mau funcionamento de equipamentos, interferência externa ou envelhecimento da infraestrutura.

Bateria centralizada

|                   |  |
|-------------------|--|
| Causa             | Curto circuito entre o BCB e o UPS                                   |
| Consequência      | Fusíveis no conversor CC/CC do UPS queimam para isolar a falha       |
| Proteção da carga | O UPS está limitado; não há alimentação de backup vinda das baterias |

Tabela 1. Cenário de baterias centralizadas.

Em arquiteturas de baterias centralizadas onde todas as baterias são ligadas a um único ponto, um curto circuito entre o BCB e o UPS pode ter consequências severas, como a disrupção na alimentação de energia e potencialmente causando avarias nos equipamentos ou indisponibilidades (downtime). Nesses casos, os fusíveis no conversor CC/CC queimarão e o UPS perde a capacidade de proporcionar energia de backup em caso de uma falha na rede elétrica. Essa vulnerabilidade compromete a capacidade do sistema de transferir perfeitamente para o backup por baterias, quando necessário.

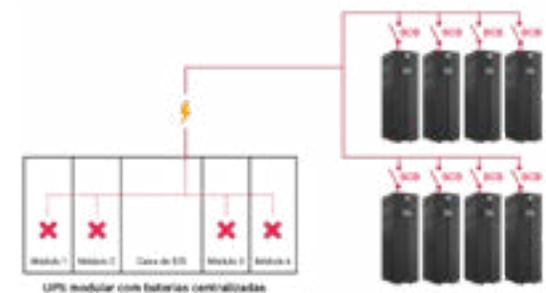


Figura 4. Com baterias centralizadas, todas as baterias estarão indisponíveis no caso de um curto circuito entre o BCB e o UPS. Não há energia de backup disponível no caso de falha da rede elétrica.

O Papel Crítico das Baterias nos UPSs e na Infraestrutura

Redundância

Sistemas UPS Monolíticos

Sistemas UPS Modulares

Baterias Distribuídas ou Centralizadas: Diferentes Arquiteturas, Diferentes Contrapartidas

Arquitetura de Baterias Centralizadas

Arquitetura de Baterias Distribuídas

Examinando a Resiliência do Sistema em Diferentes Cenários: Baterias Centralizadas versus Baterias Distribuídas

I. Curtos Circuitos entre o Disjuntor da Bateria (BCB) e o UPS

II. Isolamento da Falha da Bateria

III. Custo da Proteção da Alimentação de CC (BCB)

IV. Configuração do BCB

Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Operação Regular Sem Falha na Rede Elétrica

Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Descarga da Bateria por Falha na Rede Elétrica

Conclusão

Por outro lado, a configuração de **baterias distribuídas** é mais robusta neste cenário. No caso de um curto circuito entre o BCB e o UPS, o impacto no sistema é localizado. Especificamente, apenas o grupo de baterias conectado ao disjuntor afetado se tornaria indisponível, enquanto as baterias distribuídas restantes permaneceriam operacionais. O impacto do curto circuito ser isolado evita um desligamento completo do sistema, garantindo a alimentação de energia contínua para as cargas conectadas aos grupos de baterias não afetados. A contenção de falhas e a resiliência das baterias distribuídas aumentam consideravelmente a disponibilidade do sistema, em contraste com as vulnerabilidades inerentes às arquiteturas centralizadas anteriormente mencionadas.

**Bateria distribuída**

|                   |   |
|-------------------|---|
| Causa             | Curto circuito entre o BCB e o UPS  |
| Consequência      | Fusíveis no conversor CC/CC do UPS queimam para isolar a falha apenas no módulo envolvido |
| Proteção da carga | Maior; UPS ainda têm energia de backup vinda das baterias                                 |

Tabela 2. Cenário de baterias distribuídas

Cenários reais de curtos circuitos entre BCBs e UPSs serão explicados detalhadamente nos próximos parágrafos.



Figura 5. Com baterias distribuídas, apenas o grupo de baterias afetado ficará indisponível no caso de um curto circuito entre o BCB e o UPS. As baterias restantes continuarão a estar disponíveis para energia de backup.

**2. Isolamento da Falha da Bateria**

Falhas da bateria em sistemas UPS podem despertar vários cenários, apresentando desafios críticos para a confiabilidade e a performance da infraestrutura da energia de backup. Estas falhas podem se manifestar como perda do isolamento, curtos circuitos ou outros problemas de funcionamento dentro da arquitetura das baterias. Para segurança adicional, o UPS pode interagir com o BCB, controlando o desarme do BCB em determinadas condições.

**Caso 1: O BCB pode eliminar a falha**

Em uma configuração de **baterias centralizadas**, se um gabinete de baterias falha e o BCB pode isolar a falha, a carga continua a ser alimentada através das baterias a plena carga, mas com uma autonomia limitada devido à capacidade reduzida com um gabinete de baterias a menos.

Por outro lado, em uma configuração de **baterias distribuídas**, se um gabinete de baterias falha e o BCB pode isolar a falha, a carga continua a ser alimentada pelas baterias a plena carga. Inicialmente, o núcleo impactado puxa energia das baterias restantes e, subsequentemente, continua a fornecer a plena carga com o núcleo remanescente operando em sobrecarga.

O Papel Crítico das Baterias nos UPSs e na Infraestrutura

Redundância

Sistemas UPS Monolíticos

Sistemas UPS Modulares

Baterias Distribuídas ou Centralizadas: Diferentes Arquiteturas, Diferentes Contrapartidas

Arquitetura de Baterias Centralizadas

Arquitetura de Baterias Distribuídas

Examinando a Resiliência do Sistema em Diferentes Cenários: Baterias Centralizadas versus Baterias Distribuídas

I. Curtos Circuitos entre o Disjuntor da Bateria (BCB) e o UPS

II. Isolamento da Falha da Bateria

III. Custo da Proteção da Alimentação de CC (BCB)

IV. Configuração do BCB

Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Operação Regular Sem Falha na Rede Elétrica

Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Descarga da Bateria por Falha na Rede Elétrica

Conclusão

**Caso 2: BCB não pode eliminar a falha**

Se a falha na bateria não pode ser eliminada com o BCB, arquiteturas de baterias distribuídas ainda podem proporcionar um maior nível de tolerância a falhas do que as de baterias centralizadas. Em configurações centralizadas, se o BCB não pode fazer o isolamento, uma única falha dentro do banco de baterias pode se propagar, potencialmente queimando os fusíveis do conversor CC/CC e resultando na perda da energia de backup das baterias.

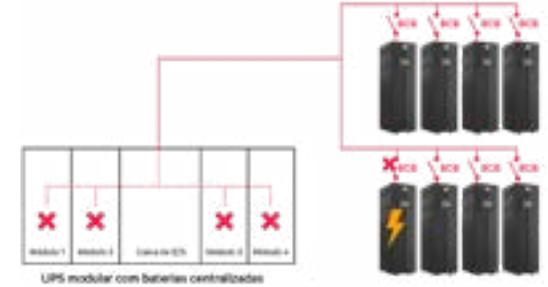


Figura 6. Em uma arquitetura centralizada, se o BCB não puder eliminar a falha da bateria, o impacto afetará a energia de backup de toda a carga.

Em contrapartida, baterias distribuídas aumentam o nível de resiliência do sistema. Devido ao isolamento elétrico entre elas, o impacto da falha em grupo específico de gabinetes de baterias permanece confinado. Esse confinamento minimiza o alcance da falha, garantindo que ela não se transforme em uma cascata de faltas de energia em todo o sistema.

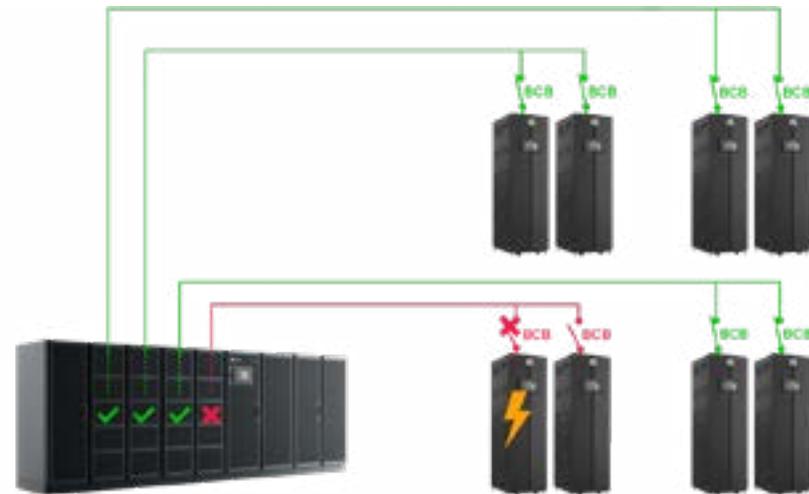


Figura 7. Se o BCB não puder eliminar a falha na bateria, a falha permanecerá localizada dentro de um único ramal de baterias.

O Papel Crítico das Baterias nos UPSs e na Infraestrutura

Redundância

Sistemas UPS Monolíticos

Sistemas UPS Modulares

Baterias Distribuídas ou Centralizadas: Diferentes Arquiteturas, Diferentes Contrapartidas

Arquitetura de Baterias Centralizadas

Arquitetura de Baterias Distribuídas

Examinando a Resiliência do Sistema em Diferentes Cenários: Baterias Centralizadas versus Baterias Distribuídas

I. Curtos Circuitos entre o Disjuntor da Bateria (BCB) e o UPS

II. Isolamento da Falha da Bateria

III. Custo da Proteção da Alimentação de CC (BCB)

IV. Configuração do BCB

Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Operação Regular Sem Falha na Rede Elétrica

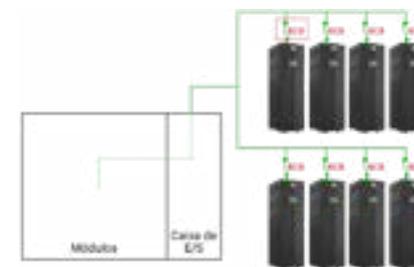
Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Descarga da Bateria por Falha na Rede Elétrica

Conclusão

### 3. Custo da Proteção da Alimentação de CC (BCB)

Em configurações de **baterias centralizadas**, cada BCB deve ser dimensionado para suportar a corrente de “N-1” strings. No caso de um curto circuito interno em um único string de baterias, todos os outros strings insistirão naquele com a falha, e há o risco de que a capacidade máxima do dispositivo de proteção associado com o string com a falha seja excedida. Segundo padrões globais, o dimensionamento dos dispositivos de proteção deve ser tal que garanta a interrupção da corrente sem ruptura.

Isto introduz desafios significativos em relação ao custo e à disponibilidade dos componentes, já que a quantidade de gabinetes de baterias aumenta. Por exemplo, em uma configuração com quatro gabinetes de baterias (ver Figura 9), os BCBs precisam lidar com a corrente de três gabinetes. Em comparação, eles precisam lidar com a corrente de sete gabinetes em uma configuração com oito gabinetes (ver na Figura 8 um UPS monolítico com oito gabinetes de baterias). Enquanto alguns gabinetes de baterias de íon-lítio já incluem BCBs, na maioria das aplicações o BCB é um dispositivo externo a ser dimensionado de acordo com o critério acima. Isso demanda o uso de BCBs com correntes nominais consideravelmente maiores, o que pode levar os custos com a proteção da alimentação em CC.



**Figura 8.** Em configurações de baterias centralizadas, cada BCB precisa ser dimensionado para suportar a corrente de N-1 strings (nesta ilustração, 11 strings). Isso resulta em custos maiores para a proteção da alimentação em CC.



**Figura 9.** Em configurações de baterias distribuídas, cada BCB é dimensionado para aguentar a corrente de N-1 strings (Nessa ilustração, dois strings). Isso resulta em custos menores para a proteção da alimentação em CC.

Isto é diferente para arquiteturas de baterias distribuídas. Ao espalhar os módulos de baterias por gabinetes separados, cada BCB precisa lidar apenas com a corrente do grupo de gabinetes a que corresponde, reduzindo significativamente a carga da corrente e os custos associados. Sistemas de baterias distribuídas são geralmente associados com custos maiores, mas isso só acontece algumas vezes quando olhamos para o custo total da solução.

## O Papel Crítico das Baterias nos UPSs e na Infraestrutura

Redundância

Sistemas UPS Monolíticos

Sistemas UPS Modulares

**Baterias Distribuídas ou Centralizadas: Diferentes Arquiteturas, Diferentes Contrapartidas**

Arquitetura de Baterias Centralizadas

Arquitetura de Baterias Distribuídas

**Examinando a Resiliência do Sistema em Diferentes Cenários: Baterias Centralizadas versus Baterias Distribuídas**

*I. Curtos Circuitos entre o Disjuntor da Bateria (BCB) e o UPS*

*II. Isolamento da Falha da Bateria*

*III. Custo da Proteção da Alimentação de CC (BCB)*

*IV. Configuração do BCB*

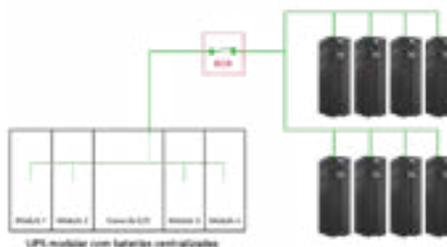
**Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Operação Regular Sem Falha na Rede Elétrica**

**Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Descarga da Bateria por Falha na Rede Elétrica**

Conclusão

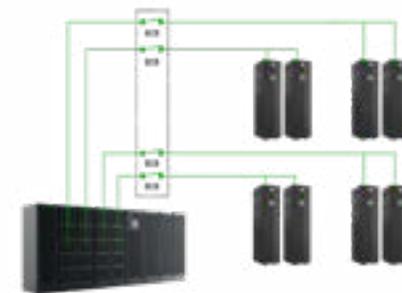
## 4. Configuração dos BCBs

Arquiteturas de baterias distribuídas proporcionam benefícios nos casos de manutenção, especialmente quando consideramos a configuração dos BCBs da instalação. Em uma configuração de **baterias centralizadas**, onde todas as baterias convergem simultaneamente, apenas um BCB para todo o banco de baterias traz uma vulnerabilidade substancial. Essa configuração resulta em um ponto único de falha e o disjuntor pode apenas desconectar todas as baterias simultaneamente. Fazer a manutenção ou trocar baterias nesse cenário pode ser um desafio, já que todos os gabinetes de baterias serão interrompidos por qualquer atividade relacionada a um único gabinete de baterias. Assim, não será possível ter energia de backup das baterias durante a manutenção ou troca de um ou mais gabinetes de baterias.



*Figura 10. Em configurações de baterias centralizadas, há um único ponto de falha do BCB e desconexão de todas as baterias. Isso significa que um problema com o BCB afeta todo o banco de baterias, resultando em uma perda total da alimentação de energia.*

No caso de configurações de **baterias distribuídas**, mesmo quando há um BCB por módulo de UPS ou por núcleo – considerando um UPS modular –, o sistema como um todo tem uma capacidade de manutenção melhor e uma capacidade superior de confinamento de falhas. A principal diferença é a presença de diversos strings de baterias nas configurações distribuídas, o que elimina a vulnerabilidade associada com um único ponto de falha: cada grupo opera de forma independente. Essa configuração garante a alimentação contínua de energia dos grupos de baterias que não foram afetados por falhas, melhorando a confiabilidade do sistema e minimizando o risco de uma total falta de alimentação de energia.



*Figura 11. Em configurações de baterias distribuídas, diversos BCBs permitem que grupos de baterias operem de forma independente. Isso significa que um problema com um BCB não afeta todo o sistema de energia de backup, permitindo que as outras baterias respaldem a carga do banco de baterias que falhou.*

Por outro lado, independentemente das baterias serem centralizadas ou distribuídas, BCBs individuais podem ser instalados para cada gabinete ou grupo de baterias. Esse design elimina os pontos únicos de falha e a desconexão. As indisponibilidades (downtime) são minimizadas consideravelmente, resultando em uma melhor disponibilidade do sistema, mas os custos são maiores. Entretanto, mesmo com essa configuração, em sistemas de baterias centralizados e sistemas UPS monolíticos, os UPSs não podem controlar cada BCB individualmente, já que UPSs monolíticos possuem lógica centralizada.

## O Papel Crítico das Baterias nos UPSs e na Infraestrutura

### Redundância

### Sistemas UPS Monolíticos

### Sistemas UPS Modulares

## Baterias Distribuídas ou Centralizadas: Diferentes Arquiteturas, Diferentes Contrapartidas

### Arquitetura de Baterias Centralizadas

### Arquitetura de Baterias Distribuídas

## Examinando a Resiliência do Sistema em Diferentes Cenários: Baterias Centralizadas versus Baterias Distribuídas

### *I. Curtos Circuitos entre o Disjuntor da Bateria (BCB) e o UPS*

### *II. Isolamento da Falha da Bateria*

### *III. Custo da Proteção da Alimentação de CC (BCB)*

### *IV. Configuração do BCB*

## Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Operação Regular Sem Falha na Rede Elétrica

## Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Descarga da Bateria por Falha na Rede Elétrica

### Conclusão

## Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Operação Regular Sem Falha na Rede Elétrica

### Sistema de Baterias Centralizadas

1. Há um curto circuito entre o BCB e o UPS.
2. O fusível do conversor CC/CC do UPS queima para isolar a falha.
3. O UPS ainda pode operar no modo de dupla conversão ou em outros modos operacionais, mas perde a capacidade de fornecer energia de backup pelas baterias.
4. Esta vulnerabilidade compromete a capacidade do sistema de transferir ininterruptamente para o backup por baterias quando necessário, especialmente no caso de falha na rede elétrica.

### Sistema de Baterias Distribuídas

1. Há um curto circuito entre o BCB e o UPS.
2. Como resultado do curto circuito, os fusíveis no conversor CC/CC do módulo UPS afetado queimam.
3. O impacto da falha fica confinado no subsistema onde ela começou, permitindo que o resto do sistema mantenha-se completamente operacional.
4. O sistema permanece totalmente operacional, garantindo a alimentação de energia contínua pelas baterias dos módulos UPS não afetados.

## Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Descarga da Bateria por Falha na Rede Elétrica

Estes cenários realçam as diferenças críticas na **resposta e na confiabilidade** entre os **sistemas de baterias distribuídas** e centralizadas em configurações de UPS. A abordagem distribuída maximiza a capacidade do sistema de garantir uma alimentação de energia ininterrupta, melhor a resiliência do sistema e minimiza os riscos de instabilidade da carga crítica. À medida que a demanda por alimentação de energia confiável aumenta, a escolha entre sistemas de baterias centralizadas e distribuídas torna-se cada vez mais importante, afetando a performance geral do UPS e a continuidade operacional.

As limitações dos sistemas de baterias centralizados tornam-se mais pronunciados à medida que a potência do UPS aumenta. Em cenários que demandam uma maior capacidade de potência, a concentração de todas as baterias em um único ponto traz desafios no isolamento de falhas. Sistemas de baterias distribuídas removem riscos similares quando o tamanho da aplicação é escalado.

O Papel Crítico das Baterias nos UPSs e na Infraestrutura

Redundância

Sistemas UPS Monolíticos

Sistemas UPS Modulares

Baterias Distribuídas ou Centralizadas: Diferentes Arquiteturas, Diferentes Contrapartidas

Arquitetura de Baterias Centralizadas

Arquitetura de Baterias Distribuídas

Examinando a Resiliência do Sistema em Diferentes Cenários: Baterias Centralizadas versus Baterias Distribuídas

I. Curtos Circuitos entre o Disjuntor da Bateria (BCB) e o UPS

II. Isolamento da Falha da Bateria

III. Custo da Proteção da Alimentação de CC (BCB)

IV. Configuração do BCB

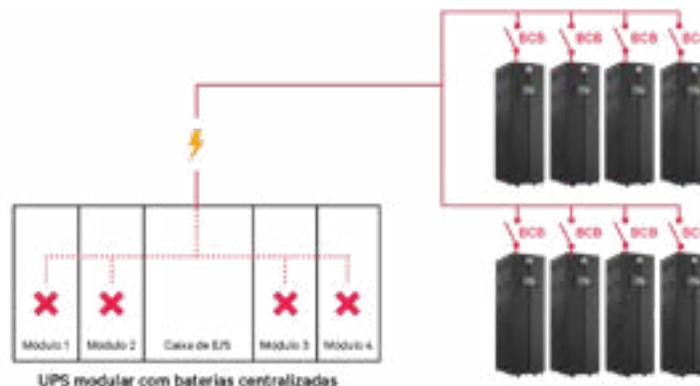
Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Operação Regular Sem Falha na Rede Elétrica

Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Descarga da Bateria por Falha na Rede Elétrica

Conclusão

**Baterias Centralizadas: Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Cenário de Falha da Rede Elétrica**

|        |                               |   |   |
|--------|-------------------------------|---|---|
| Caso 1 | Gerador ainda não inicializou | → | Perda da carga crítica                  |
| Caso 2 | Gerador com carga parcial     | → | Possível perda ou danos à carga crítica |



**Baterias Distribuídas: Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Cenário de Falha na Rede Elétrica**

|        |                               |   |                                     |
|--------|-------------------------------|---|-------------------------------------|
| Caso 1 | Gerador ainda não inicializou | → | Sem perda da carga crítica          |
| Caso 2 | Gerador com carga parcial     | → | Sem perda nem danos à carga crítica |



Figura 12. Uma comparação dos sistemas de baterias centralizadas (superior) e sistemas distribuídos (inferior) durante cenários reais de falha da rede elétrica.

O Papel Crítico das Baterias nos UPSs e na Infraestrutura

Redundância

Sistemas UPS Monolíticos

Sistemas UPS Modulares

Baterias Distribuídas ou Centralizadas: Diferentes Arquiteturas, Diferentes Contrapartidas

Arquitetura de Baterias Centralizadas

Arquitetura de Baterias Distribuídas

Examinando a Resiliência do Sistema em Diferentes Cenários: Baterias Centralizadas versus Baterias Distribuídas

I. Curtos Circuitos entre o Disjuntor da Bateria (BCB) e o UPS

II. Isolamento da Falha da Bateria

III. Custo da Proteção da Alimentação de CC (BCB)

IV. Configuração do BCB

Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Operação Regular Sem Falha na Rede Elétrica

Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Descarga da Bateria por Falha na Rede Elétrica

Conclusão

Proteção da Carga em Caso de Perda do Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS

|                | Baterias Centralizadas                         | Baterias Distribuídas                           |
|----------------|--|---|
| UPS Monolítico | Baixa, possível perda ou danos à carga crítica |   |
| UPS Modular    | Baixa, possível perda ou danos à carga crítica | Muito alta, sem perda nem danos à carga crítica |

Tabela 3. Comparação de sistemas UPS monolíticos e modulares com arquiteturas de baterias centralizadas e distribuídas em relação à proteção da carga.

Caso 1: Gerador Ainda Não Inicializado - Sem Alimentação na Entrada Principal e Linhas de Bypass

Quando o gerador ainda não arrancou, a entrada primária e as linhas de bypass não têm alimentação da rede elétrica e a seguinte cadeia de eventos se desenrola se o isolamento for perdido ou em caso de um curto circuito entre o BCB e o UPS.

Sistema de Baterias Centralizadas

1. As baterias são descarregadas durante uma falha na rede elétrica.
2. Ocorre a perda de isolamento ou um curto circuito entre o BCB e o UPS.
3. Os fusíveis do conversor CC/CC do UPS queimam como uma resposta protetiva para a perda de isolamento ou curto circuito.
4. Com os fusíveis queimados, o UPS não pode alimentar a carga através das baterias.
5. O UPS tenta transferir a carga para a linha de bypass.
6. Como o gerador ainda não arrancou, não há energia elétrica na linha de bypass.
7. O resultado é a perda da alimentação de energia para a carga crítica devido à inabilidade de transferir para a linha de bypass sem energia do gerador.



Figura 13. Cenário de sistema de baterias centralizadas mostrando a condição inicial (esquerda) e após um curto circuito entre o BCB e o UPS (carga crítica perdida - direita).

O Papel Crítico das Baterias nos UPSs e na Infraestrutura

Redundância

Sistemas UPS Monolíticos

Sistemas UPS Modulares

Baterias Distribuídas ou Centralizadas: Diferentes Arquiteturas, Diferentes Contrapartidas

Arquitetura de Baterias Centralizadas

Arquitetura de Baterias Distribuídas

Examinando a Resiliência do Sistema em Diferentes Cenários: Baterias Centralizadas versus Baterias Distribuídas

I. Curtos Circuitos entre o Disjuntor da Bateria (BCB) e o UPS

II. Isolamento da Falha da Bateria

III. Custo da Proteção da Alimentação de CC (BCB)

IV. Configuração do BCB

Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Operação Regular Sem Falha na Rede Elétrica

Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Descarga da Bateria por Falha na Rede Elétrica

Conclusão

Sistema de Baterias Distribuídas

As baterias estão descarregando durante uma falha na rede elétrica.

1. Em caso de perda do isolamento ou um curto circuito, apenas os fusíveis no conversor CC/CC dos módulos UPS afetados queimarão.
2. O impacto da falha fica confinado ao subsistema onde ela foi originada.
3. O resto do sistema permanece funcional, possibilitando a alimentação de energia contínua através das baterias.
4. Para a alimentação de carga parcial, os módulos remanescentes trabalham em operação nominal ou, para atender a potência total do UPS, os módulos remanescentes trabalham em sobrecarga.
5. A configuração de baterias distribuídas garante uma alimentação de energia ininterrupta por um período maior.
6. O período maior de alimentação de energia permite mais tempo para o gerador inicializar e assumir toda a carga.

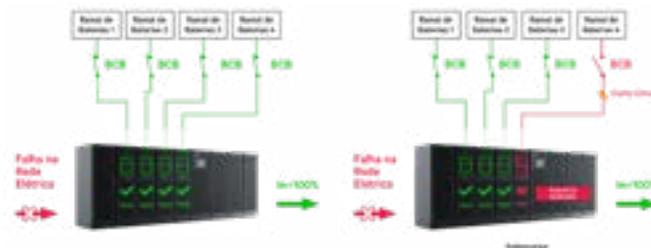


Figura 14. Cenário de sistema de baterias distribuídas mostrando a condição inicial (esquerda) e após o curto circuito entre o BCB e o UPS (operação de sobrecarga, direita).

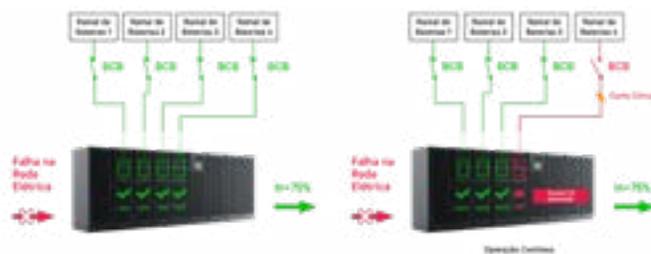


Figura 15. Cenário de sistema de baterias distribuídas na condição inicial (esquerda) e após o curto circuito entre o BCB e o UPS (operação contínua, direita).

## O Papel Crítico das Baterias nos UPSs e na Infraestrutura

### Redundância

### Sistemas UPS Monolíticos

### Sistemas UPS Modulares

## Baterias Distribuídas ou Centralizadas: Diferentes Arquiteturas, Diferentes Contrapartidas

### Arquitetura de Baterias Centralizadas

### Arquitetura de Baterias Distribuídas

## Examinando a Resiliência do Sistema em Diferentes Cenários: Baterias Centralizadas versus Baterias Distribuídas

### *I. Curtos Circuitos entre o Disjuntor da Bateria (BCB) e o UPS*

### *II. Isolamento da Falha da Bateria*

### *III. Custo da Proteção da Alimentação de CC (BCB)*

### *IV. Configuração do BCB*

## Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Operação Regular Sem Falha na Rede Elétrica

## Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Descarga da Bateria por Falha na Rede Elétrica

## Conclusão

## Caso 2: Gerador Inicializado, Transferência Parcial da Carga do UPS

Em um cenário oposto, onde o gerador acabou de começar a fornecer alimentação de energia para a entrada primária e para as linhas de bypass, mas no qual o UPS ainda está alimentando a carga através das baterias, o UPS passa por uma transição enquanto simultaneamente extrai cada vez mais energia da entrada da rede elétrica enquanto extrai cada vez menos energia das baterias.

### Sistema de Baterias Centralizadas

1. As baterias estão descarregando.
2. O UPS transfere para a linha de bypass enquanto tenta manter o fornecimento de energia.
3. Como o gerador ainda não assumiu toda a carga, essa situação leva a um degrau de carga, causando potenciais distorções da tensão ou da frequência.
4. O degrau de carga introduz riscos, incluindo distorções de tensão ou de frequência que podem danificar a carga ou interromper as operações críticas.

### Sistema de Baterias Distribuídas

1. As baterias estão descarregando enquanto o UPS está passando pela transferência da carga, extraindo mais energia da entrada da rede elétrica e menos energia das baterias.
2. Como resultado do curto circuito, os fusíveis no conversor CC/CC do módulo UPS afetado queimam.
3. O sistema de baterias distribuídas mantém sua capacidade de alimentar a carga através dos módulos funcionais remanescentes.
4. Os módulos remanescentes trabalham na operação nominal para a alimentação de carga parcial. Para atender à potência total do UPS, os módulos remanescentes trabalham em sobrecarga.
5. Essa alimentação de energia contínua permite que o UPS transfira das baterias para o gerador, incluindo partida walk-in do retificador, onde houver disponibilidade.
6. Esse processo ocorre sem submeter o gerador ao aumento súbito na demanda por alimentação de energia, mitigando efetivamente o risco de impacto da carga no gerador.

## O Papel Crítico das Baterias nos UPSs e na Infraestrutura

### Redundância

### Sistemas UPS Monolíticos

### Sistemas UPS Modulares

## Baterias Distribuídas ou Centralizadas: Diferentes Arquiteturas, Diferentes Contrapartidas

### Arquitetura de Baterias Centralizadas

### Arquitetura de Baterias Distribuídas

## Examinando a Resiliência do Sistema em Diferentes Cenários: Baterias Centralizadas versus Baterias Distribuídas

### *I. Curtos Circuitos entre o Disjuntor da Bateria (BCB) e o UPS*

### *II. Isolamento da Falha da Bateria*

### *III. Custo da Proteção da Alimentação de CC (BCB)*

### *IV. Configuração do BCB*

## Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Operação Regular Sem Falha na Rede Elétrica

## Cenário: Perda de Isolamento ou Curto Circuito entre o BCB e o UPS durante Descarga da Bateria por Falha na Rede Elétrica

## Conclusão

## Conclusão

A análise de diferentes configurações das baterias para sistemas UPS mostra que as baterias distribuídas devem ser preferidas com sistemas UPS modulares, especialmente para potências nominais significativas.

Olhando as implicações em cenários reais, as baterias distribuídas maximizam a confiabilidade e os benefícios trazidos pelos designs modulares de UPS. A lógica por trás desta preferência está enraizada na perfeita integração das baterias distribuídas com os princípios do design modular de sistemas UPS. Essa integração otimiza a tolerância a falhas, alavancando a distribuição descentralizada dos módulos de bateria para alinhá-los com a estrutura dos UPSs modulares. O resultado é um sistema que facilita intervenções de manutenção dirigidas e maior resiliência no caso de potenciais falhas. Escolher uma configuração de baterias distribuídas para um UPS modular resulta em módulos de energia totalmente individuais, maximizando o isolamento de falhas, minimizando as indisponibilidades durante a manutenção e otimizando a configuração dos BCBs para uma ótima relação custo-benefício.

Ao examinar cenários, desde a perda de isolamento durante uma falha da rede elétrica até a operação regular, há uma indicação implícita da robustez e confiabilidade das baterias distribuídas dentro de configurações modulares.

A arquitetura distribuída minimiza o impacto de potenciais falhas e garante a alimentação de energia contínua para as cargas críticas. Configurações do sistema UPS com baterias distribuídas maximizam a disponibilidade do sistema ao:

- Aumentar a tolerância a falhas.
- Melhorar a performance sob diversos modos de falha.
- Melhorar a capacidade de assistência ao realizar manutenção em subsistemas individuais sem interrupção da proteção à carga.

Uma melhor disponibilidade do sistema é vital em ambientes críticos, onde as aplicações precisam estar disponíveis e protegidas 24 horas por dia, 7 dias por semana. Respondendo à crescente necessidade por soluções de alimentação escaláveis e confiáveis, as baterias distribuídas aprimoram a modularidade dos sistemas UPS modulares. Os atributos inerentes da tolerância a falhas, a eficiência da manutenção e a resiliência do sistema posicionam as baterias distribuídas como a arquitetura ideal em aplicações de missão crítica. Escolher uma arquitetura de baterias distribuídas com um UPS modular de alta potência amplifica a performance dos sistemas UPS e maximiza as operações ininterruptas em cenários de energia crítica.



**Vertiv.com** | Sede da Vertiv, 505 N Cleveland Ave, Westerville, OH 43082, Estados Unidos da América

© 2025 Vertiv Group Corp. Todos os direitos reservados. Vertiv™ e o logotipo Vertiv são marcas ou marcas registradas da Vertiv Group Corp. Todos os demais nomes e logotipos mencionados são nomes comerciais, marcas, ou marcas registradas de seus respectivos donos. Embora todas as precauções tenham sido tomadas para assegurar que esta literatura esteja completa e correta, a Vertiv Group Corp. não assume e se exime de qualquer responsabilidade por danos resultantes do uso dessas informações ou por quaisquer erros ou omissões. Especificações, descontos e outras ofertas promocionais estão sujeitos a alterações a critério exclusivo da Vertiv, mediante notificação.

SL-80003PT (02/25)