

Entenda a diferença entre Chave Estática, Chave Estática de Bypass, STS, ATS, Chave Estática de Bypass Centralizada e Chave Estática de Bypass Descentralizada.

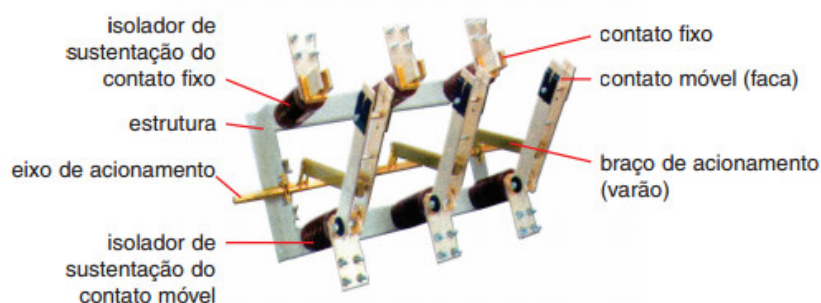
Tenho notado que a grande maioria dos responsáveis por especificar e comprar equipamentos para Sistemas de Energia Assegurada de Cargas Críticas, principalmente quando se trata de Sistemas UPSs (Nobreaks), acabam se confundindo com os conceitos e nomenclaturas referentes à Chave Estática de Bypass, sendo até enganados por alguns vendedores mais “astutos”.

Desta forma resolvi fazer um documento para explicar de uma forma simplificada e prática as diferenças e conceitos de cada uma destas chaves.

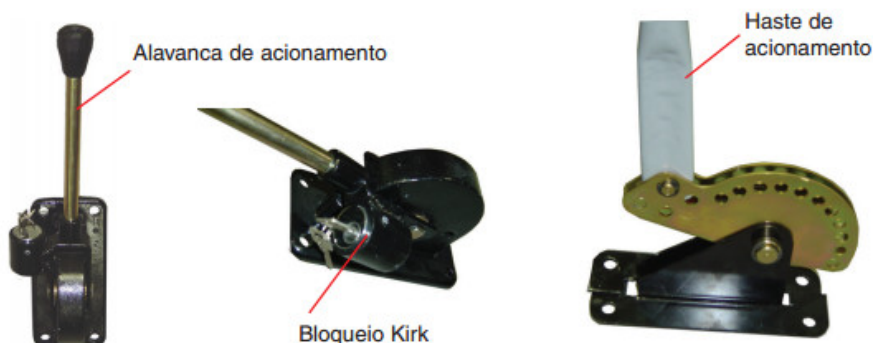
Chave Estática: quando pensamos em “chave” na área elétrica, queremos dizer um dispositivo de comutação ou mudança de estado entre contatos. Quando pensamos em “estático” queremos dizer um dispositivo que não tenha movimentações mecânicas, como por exemplo uma lâmpada que ao ser energizada gera iluminação sem a necessidade de movimentação mecânica (é um dispositivo estático), ao contrário do que é um motor que gera trabalho através de rotação de seu eixo (portanto um dispositivo dinâmico, que possui movimentação mecânica no seu funcionamento). Portanto, a “Chave Estática” é um dispositivo de comutação ou mudança de estado em seus contatos sem que exista uma movimentação ou comutação mecânica para isso.

Desta forma, uma Chave Estática é um dispositivo muito semelhante a um contator (dispositivo eletromecânico) ou uma chave seccionadora (dispositivo mecânico), mas que altera de estado aberto para fechado e vice-versa sem a necessidade de movimentação mecânica interna de contatos ou êmbolos. Ao invés de comutações mecânicas para energizar ou desenergizar sua saída (ac), a chave estática comuta sua saída através da condução ou não de energia através de componentes de silício (normalmente tiristores, TRIACs ou IGBTs). Vejamos abaixo estes exemplos abordados:

Chave Dinâmica Mecânica: o exemplo mais comum é uma seccionadora (que pode ser de baixa ou média tensão), que funciona da seguinte forma: basicamente é uma extensão do condutor que se desloca, quando acionado mecanicamente através do eixo de acionamento, que por sua vez é acionado por uma alavanca e uma haste, abrindo e fechando através dos contatos fixo e móvel. Vejamos um exemplo de uma seccionadora de média tensão:

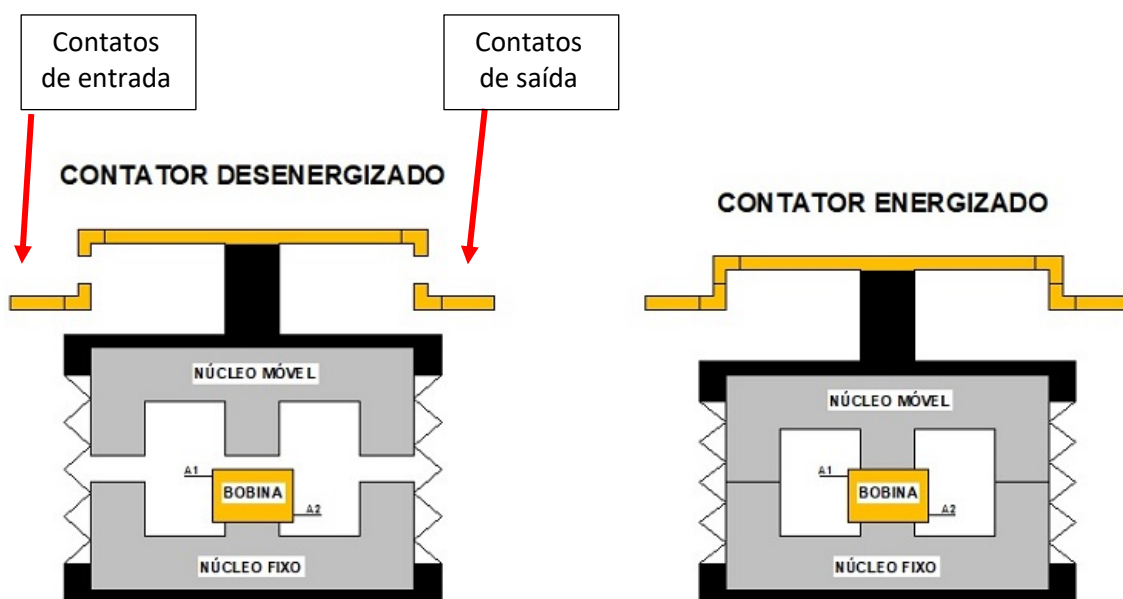


Através da Alavanca de Acionamento, fazemos com a que a Haste de Acionamento se movimente, rotacionando o Eixo de Acionamento da seccionadora, que por sua vez, através do Braço de Acionamento, faz com que os Contatos Móveis se movimentem no sentido de abrir ou fechar os contatos elétricos junto aos Contatos Fixos.



Fonte: <https://pt.linkedin.com/pulse/chaves-seccionadoras-o-que-s%C3%A3o-quais-os-tipos-marcelo-bonfim>

Chave Dinâmica Eletromecânica: o exemplo mais comum é um contator, que funciona da seguinte forma: observe os desenhos abaixo, que em condições normais, ou seja, com o contator desenergizado, o núcleo móvel é forçado para cima por molas. Como nesse desenho estamos representando uma vista lateral do contator, vamos considerar que seus contatos sejam todos NA (normalmente abertos). A pressão da mola faz com que os contatos estejam abertos enquanto o contator estiver desenergizado.



Fonte: <https://aprendendoeletrica.com/o-que-e-um-contator-e-como-funciona/>

Para que o contator entre em funcionamento é necessário energizar sua bobina. Quando sua bobina é energizada, é criado um campo eletromagnético ao seu redor. Note que a bobina é montada dentro de uma das metades do núcleo (núcleo fixo). O campo eletromagnético produzido pela bobina acaba envolvendo o núcleo fixo, e esse acaba atraindo a sua outra metade (núcleo móvel).

Enquanto o contator está energizado, as molas ficam forçadas para baixo e as duas metades do núcleo se unem. A barra de conexão, ligada mecanicamente ao Núcleo Móvel, neste momento se movimenta junto e provoca a comutação dos contatos elétricos, invertendo suas posições (contato normalmente aberto agora estará fechado).

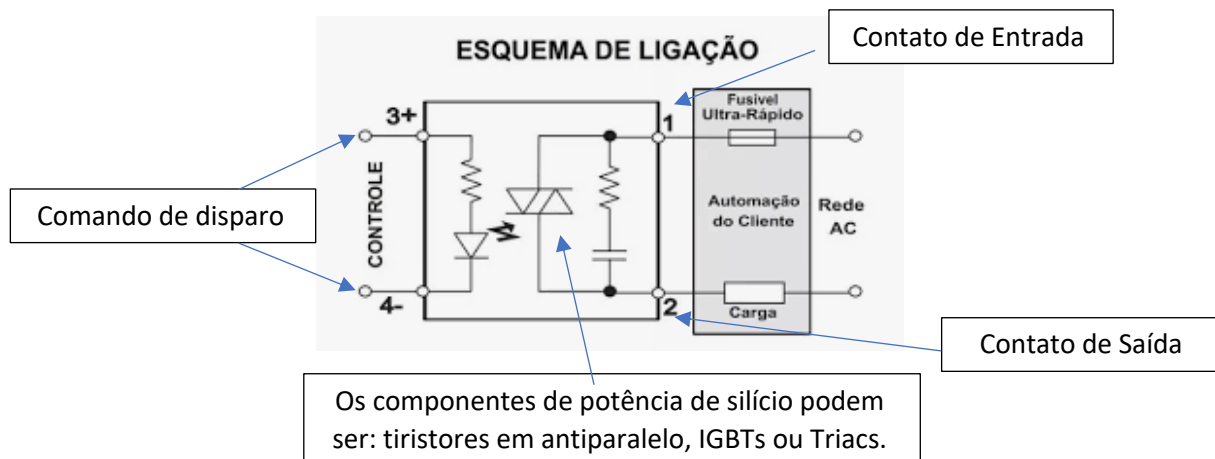
Para desligar, é necessário interromper a alimentação da bobina, fazendo com que o campo magnético seja cessado, provocando o retorno do núcleo móvel para sua posição original através das molas, e conseqüentemente os contatos retornarão para seus estados de repouso, normalmente abertos.

Chave Estática, também chamada de relé de estado sólido: as chaves estáticas são relés em estado sólido (SSR) para acionamento de cargas elétricas, com disparo (fechamento) em tensão de pulso PWM. Utilizadas para acionamento de cargas elétricas alternadas. Ao receber a tensão de disparo em sua entrada, a chave estática passa a conduzir a tensão sobre a carga, e quando cessa a tensão de comando (disparo), a chave estática cessa esta condução. Trabalha no sistema zero crossing, onde o início e término da condução de tensão alternada sobre a carga ocorre no “zero” da senoide. Por ser um equipamento eletrônico possui chaveamento estático com alta frequência, proporcionando maior precisão no controle.



Relé de Estado Sólido trifásico da Digimec.

A seguir mostramos o esquema elétrico de um exemplo de Relé de Estado Sólido monofásico:

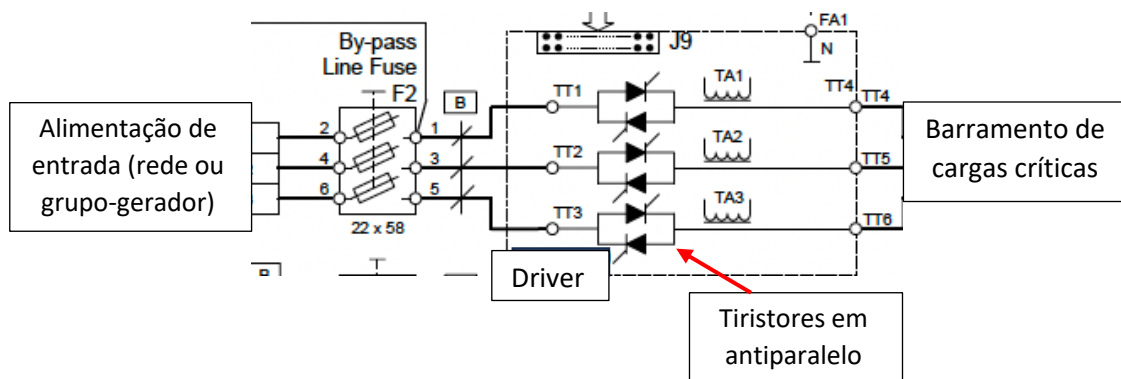


Para um Relé de Estado sólido Trifásico seriam 3 circuitos de potência, mas com apenas um comando de disparo.

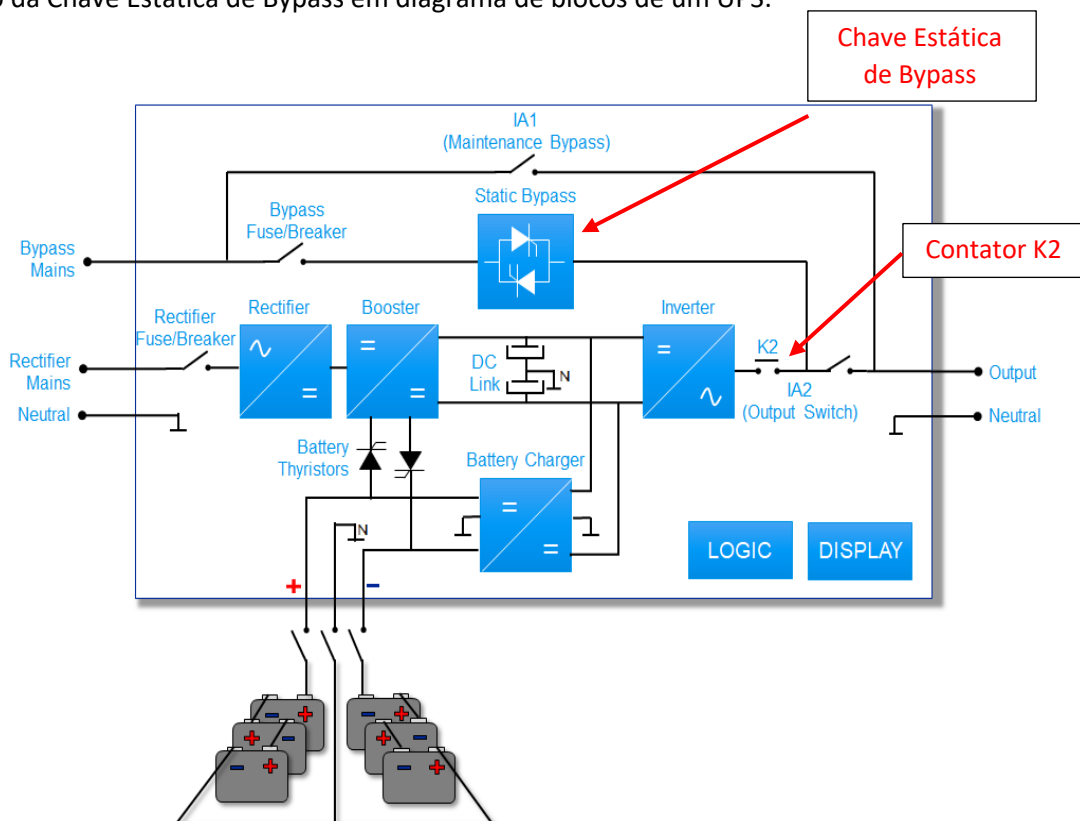
Agora que entendemos o que é uma Chave Estática, vamos explicar o que é uma Chave Estática de Bypass utilizada nos UPSs (Nobreaks). Nestes equipamentos ela é utilizada basicamente para transferir a carga crítica dos inversores para a rede de alimentação (rede da concessionária ou geradores) em casos de: pane geral na parte de inversor do UPS, sobrecarga no inversor do UPS, curto-circuito na carga do UPS, sobre temperatura no inversor ou outro circuito da parte de potência do UPS, desligamento do Inversor para manutenção ou até mesmo trabalho do sistema UPS em ECO MODE (modo de economia de energia, onde o UPS alimenta suas cargas diretamente pela rede para fins de economia de energia, mas ficando em standby para transferência das cargas para o inversor em caso da rede de alimentação sair dos limites admissíveis, normalmente $\pm 10\%$ da tensão nominal).

A **Chave Estática de Bypass dos UPSs** é basicamente uma Chave Estática, semelhante a um relé de estado sólido, mas normalmente é construída com dois tiristores em antiparalelo para cada fase, que tem a função de transferir as cargas críticas de forma muito rápida (em menos de 5 milissegundos) da alimentação dos inversores para a rede de alimentação do UPS (rede da concessionária ou grupo-gerador) e vice-versa. Utiliza-se uma Chave Estática para esta função pois se caso utilizássemos um contator para isso, o tempo de atracamento (mudança de posição dos contatos) seria muito longo, causando interrupção de alimentação para as cargas críticas além de 10ms, o que fatalmente provocaria o desligamento total destas cargas.

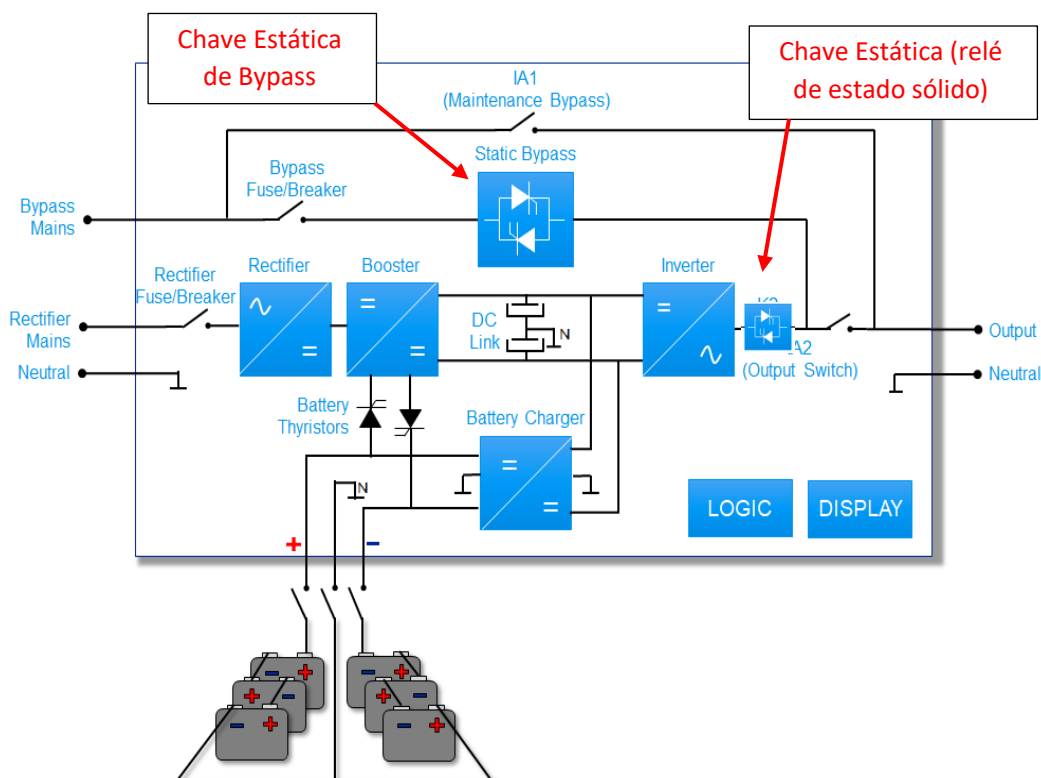
Vejamos um esquema elétrico de uma Chave Estática de Bypass de UPS:



Posição da Chave Estática de Bypass em diagrama de blocos de um UPS:



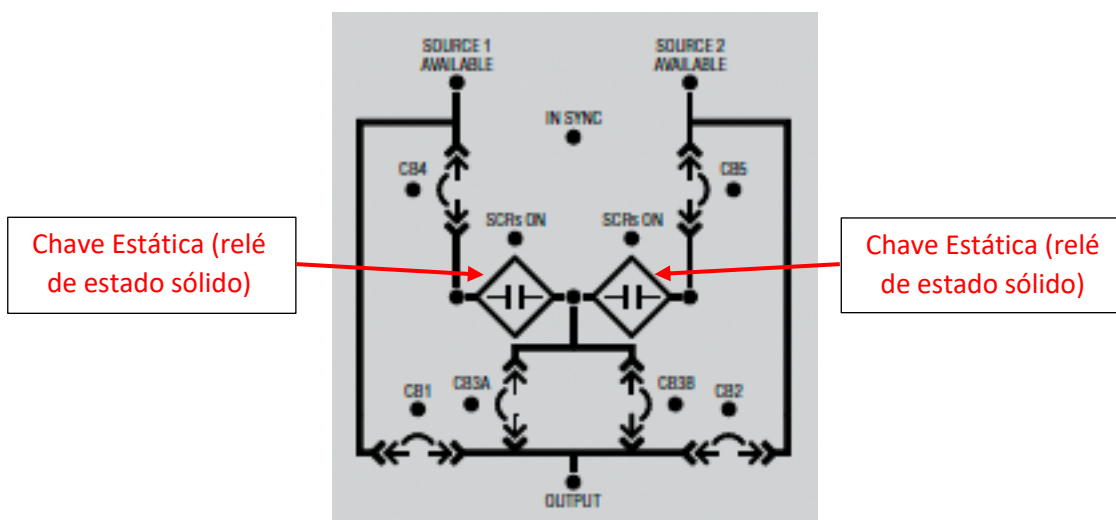
Alguns fabricantes utilizam um contator e outros colocam uma Chave Estática na saída do inversor para conectá-lo à carga crítica (barramento de saída do UPS). No exemplo acima temos um contator fazendo esta função, representado pelo K2. Vejamos como ficaria um exemplo de Chave Estática colocada na saída do inversor para a carga crítica:



Nesse caso a função da Chave Estática (relé de estado sólido) é apenas conectar e desconectar o inversor do UPS na carga crítica, que claramente não é a mesma função da Chave Estática de Bypass, que transfere a alimentação das cargas críticas entre inversor e rede de alimentação (rede da concessionária ou grupo-gerador). Algumas empresas tentam enganar seus clientes informando erroneamente que a Chave Estática de saída do inversor e a Chave Estática de Bypass teriam a mesma função (até querendo induzir os clientes a acreditar que num sistema modular isso seria chave estática de bypass descentralizada), mas como demonstramos claramente aqui, embora o dispositivo elétrico utilizado seja o mesmo (relé de estado sólido) a função de cada um dentro do UPS é totalmente distinta.

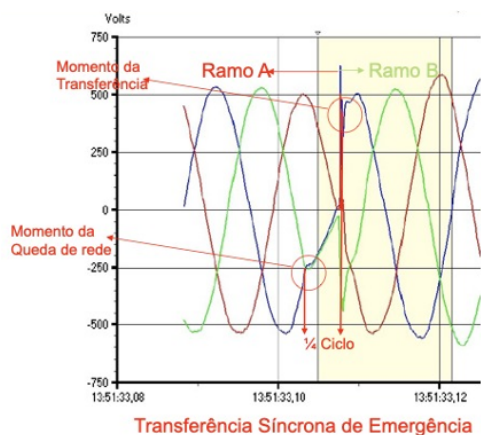
Quanto ao termo **STS** (*Static Transfer Switch*) que significa Chave Estática de Transferência, genericamente pode até ser indicado para referir um relé de estado sólido, mas na área específica de energia assegurada STS significa um equipamento com duas entradas de energia provenientes de dois sistemas UPSs distintos (sincronizados, não paralelados) e com uma saída única para as cargas críticas. Esse equipamento (STS) “escolhe” (de acordo com parametrização) uma das alimentações para alimentar a carga crítica (saída) e em caso de falha nesta alimentação, automaticamente transfere em poucos milissegundos (tempo programável) as cargas críticas para a outra alimentação que estava em standby. Este equipamento (STS) possui internamente duas Chaves Estáticas, uma para cada ramo de alimentação, interligadas em suas saídas para conseguir transferir as cargas críticas entre as duas diferentes alimentações em um intervalo de tempo que não seja prejudicial para as cargas críticas, mas que também não gere um curto-circuito entre as duas fontes.

Mostramos a seguir o esquema unifilar básico de uma STS:

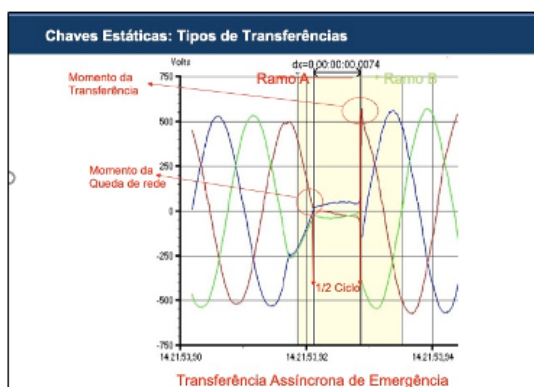


Nesta figura conseguimos identificar claramente a existência de uma Chave Estática (relé de estado sólido) para cada uma das duas fontes. Cada uma recebe a sua alimentação de uma fonte diferente (fontes 1 e 2) e através de um comando central alimenta a carga crítica ou fica em standby.

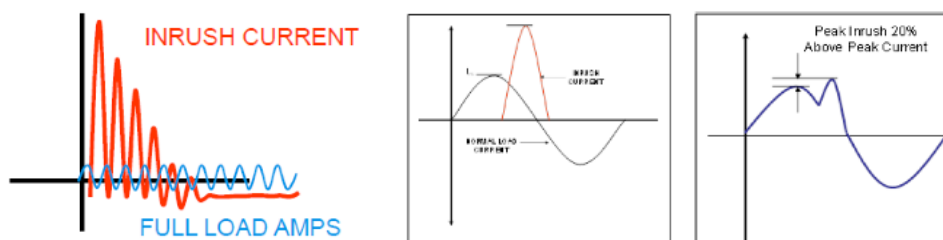
As transferências de carga entre as duas fontes nas STSs podem ocorrer de forma síncrona ou assíncrona, de forma emergencial (automática) ou forçada (comandada). Transferência Síncrona é quando as fontes 1 e 2 estão sincronizadas em fases. Nessa situação o tempo de transferência é mínimo, entre 2 e 5 ms no máximo.



A transferência assíncrona ocorre quando as fontes 1 e 2 não estão sincronizadas entre si, o que acarreta um tempo maior de transferência para que as cargas não sejam danificadas. Normalmente essa transferência somente ocorre em casos de emergência, pois normalmente a própria eletrônica de controle da STS não permite que se comande uma transferência manualmente nesta condição. Note que o tempo de transferência pode chegar a meio ciclo de senóide, ou seja 8,2ms, dependendo do ângulo de defasamento entre as fontes.

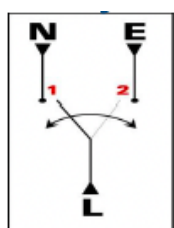


Transferências assíncronas (com defasamentos) podem provocar também grandes correntes de Inrush em transformadores instalados nas cargas (até 10 vezes a corrente nominal destes), o que pode ser prejudicial aos UPSs, podendo levá-los à sobrecarga ou até mesmo a transferência de cargas para o Bypass Eletrônico (Chave Estática de Bypass). Mas já existem STSs modernas que conseguem limitar essa corrente de Inrush, evitando problemas aos Sistemas UPSs:

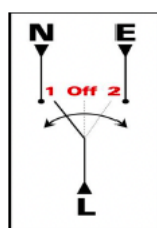


Quando falamos de **ATS** (*Automatic Transfer Switch*), é uma chave de transferência eletromecânica com a mesma funcionalidade da STS, transferir a carga alimentada entre duas fontes distintas de energia, mas em tempos, condições e posições diferentes da STS. As ATSs alteram suas conexões através de movimentação eletromecânica dos contatos. ATSs normalmente são utilizadas para selecionar a entrada de energia para a alimentação de uma instalação entre rede da concessionária e grupos-geradores. Normalmente elas alimentam suas cargas pela rede da concessionária e quando esta sofre alterações além dos limites parametrizados, aciona o sistema de grupo-geradores e transfere suas cargas para estes as alimentarem. Portanto, o tempo de transferência de uma ATS entre suas duas fontes normalmente é de alguns muitos segundos (tempo de ligação e estabilização dos geradores, normalmente entre 10 e 45 segundos). No retorno para a alimentação via rede da concessionária, após esta voltar aos limites aceitáveis por um tempo pré-determinado (normalmente entre 5 e 10 minutos), a ATS pode fazer esta transferência com interrupção ou sem, dependendo do modelo e das características dela. Em situações de manutenção da instalação, a ATS é muito útil para colocar propositamente todo o sistema trabalhando de forma mais confiável através da alimentação por grupos-geradores (normalmente quando precisamos fazer manobras nos sistemas UPSs).

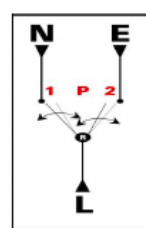
A seguir mostramos o esquema unifilar básico de três tipos de ATS:



Transição Aberta



Transição com Delay

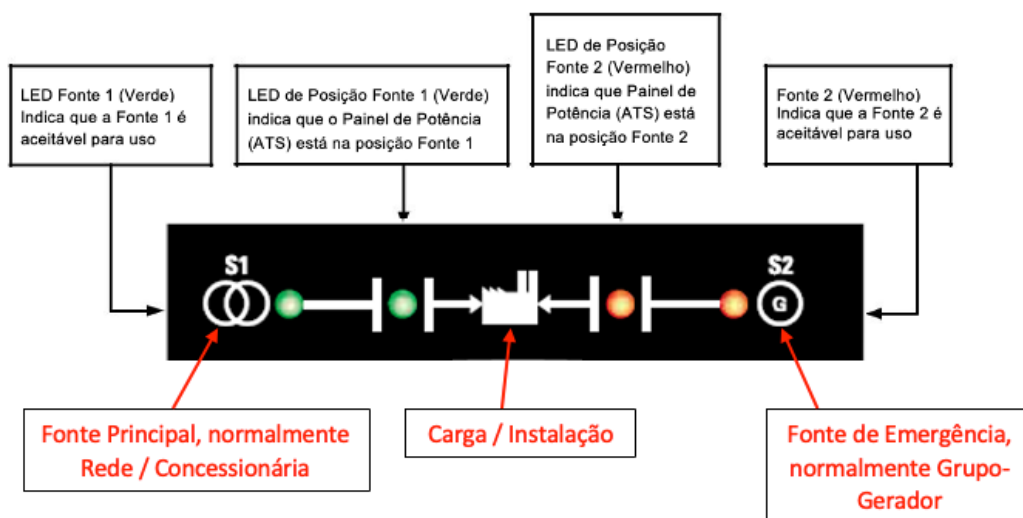


Transição Fechada

N = rede da concessionária; **E** = fonte de emergência (gerador); **L** = carga/instalação

Portanto, as ATSs são normalmente instaladas na entrada de energia de uma instalação, alimentando cargas que podem sofrer pequenas interrupções de energia (cargas não críticas, sistemas UPSs, sistemas de refrigeração, iluminação e etc...) e as STSs são normalmente instaladas após os sistemas UPSs, alimentando diretamente as cargas críticas, que não podem sofrer interrupções de alimentação de energia além de alguns milissegundos.

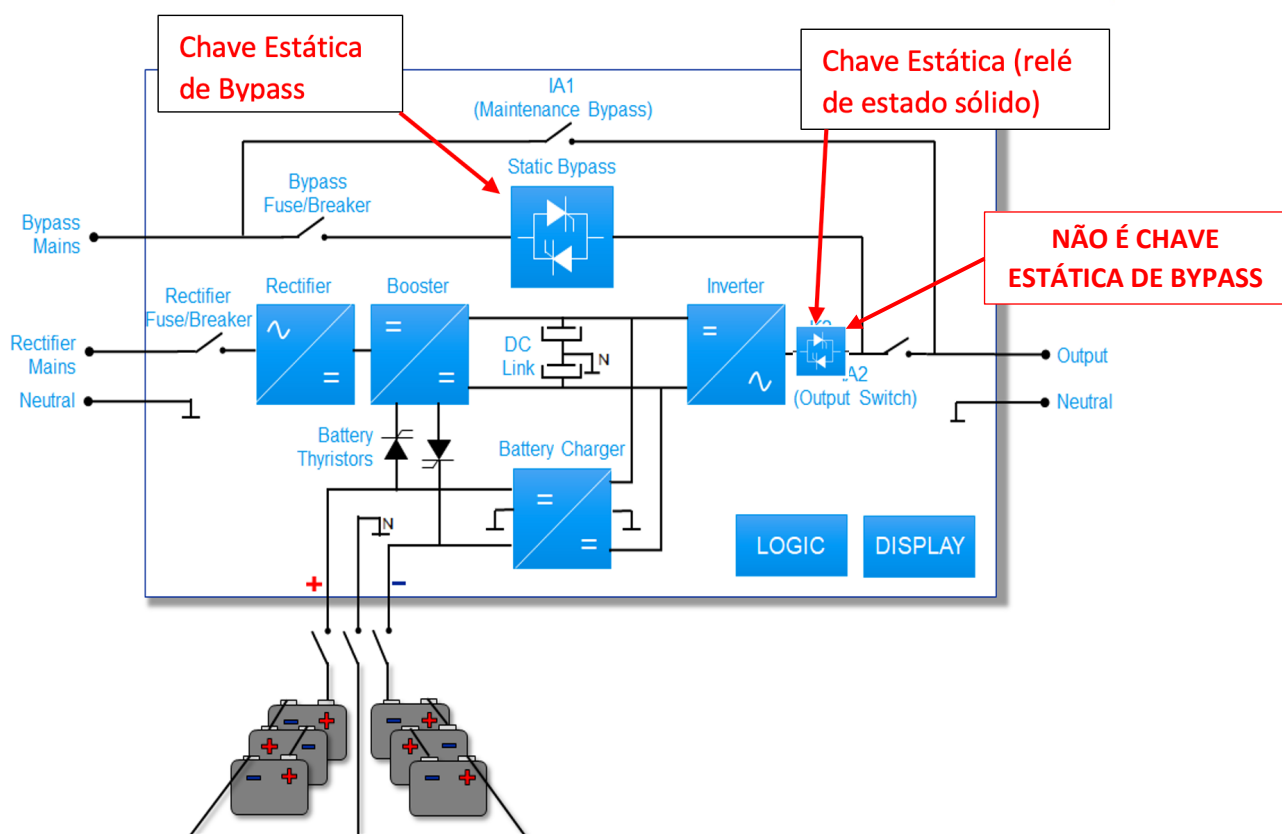
Exemplo de Painel de uma ATS:



Obs.: A Fonte 2 pode ser uma outra rede de concessionária (diferente da Fonte 1) ou tanto Fonte 1 quanto Fonte 2 podem ser alimentadas por Sistemas de Grupo-Geradores independentes, depende muito da necessidade e possibilidades de alimentações disponibilizadas pelo cliente.

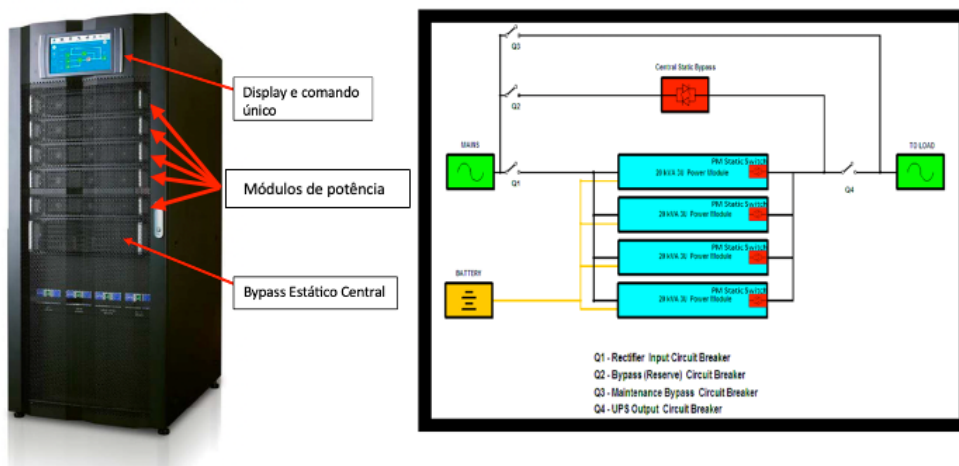
Vamos esclarecer agora a diferença entre **Chave Estática de Bypass Centralizada e Descentralizada:**

Conforme explicamos anteriormente, a **Chave Estática de Bypass é um dispositivo dentro do Sistema UPS que tem a função única de transferir a alimentação das cargas críticas entre inversor(es) e rede de alimentação de entrada do UPS (rede da concessionária ou grupo-gerador)**. Portanto a Chave Estática (relé de estado sólido ou STS como alguns erroneamente chegam a chamá-la) que fica entre a saída do(s) inversor(es) e o barramento de cargas críticas (carga) não é uma Chave Estática de Bypass, pois apenas conecta ou desconecta o(s) inversor(es) no barramento de cargas, mas não tem a funcionalidade de fazer a transferência de cargas entre inversor(es) e rede de alimentação do UPS (rede da concessionária ou gerador(es)).



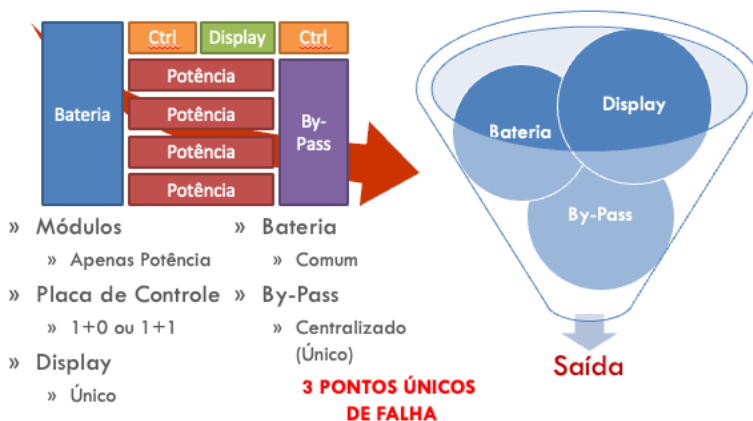
Entendido este conceito fundamental, vamos mostrar agora as duas arquiteturas de UPSs modulares mais comumente encontradas hoje no mercado: UPSs Modulares com Arquitetura de Chave Estática de Bypass Centralizada e UPSs Modulares com Arquitetura de Chave Estática de Bypass Descentralizada.

UPSs Modulares com Arquitetura de Chave Estática de Bypass Centralizada são UPSs que possuem vários módulos de potência (compostos normalmente somente por retificador, Booster, carregador de baterias e inversor) dentro de um gabinete, mas com Chave Estática de Bypass Centralizada, ou seja, única. Desta forma existe nesses UPSs a possibilidade de redundância de módulos de potência, mas não de Chave Estática de Bypass, pois ele é único para todo o sistema. Vejamos um exemplo deste modelo de UPS abaixo:

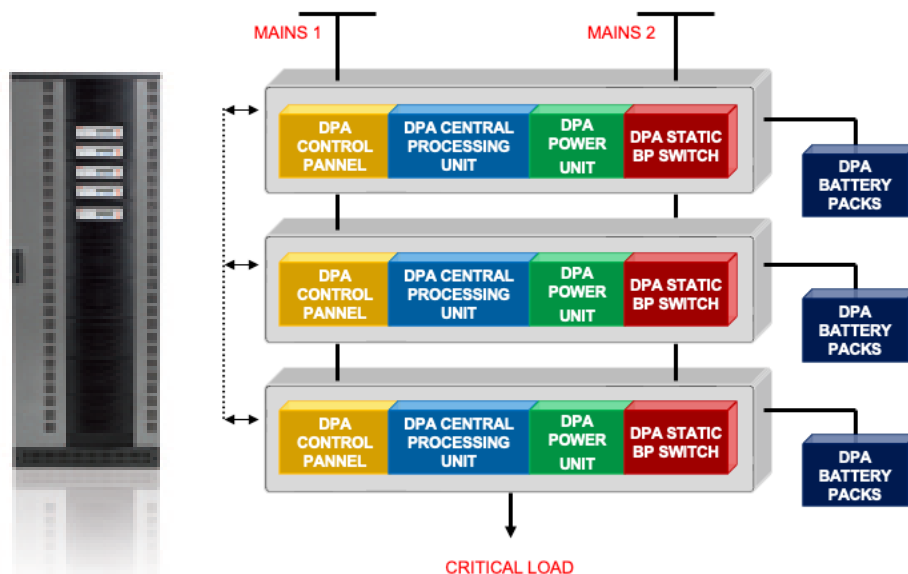


Neste tipo Arquitetura de UPS, Centralizada, dado que existe apenas uma Chave Estática de Bypass, normalmente somente um controle central, um display para verificação e comandos e uma única entrada de banco de baterias, temos vários pontos únicos de falha, pois se um dos componentes que são únicos no sistema falhar, todo o sistema estará em risco, o que diminui drasticamente a confiabilidade operacional do sistema como um todo.

ARQUITETURA MODULAR CENTRALIZADA

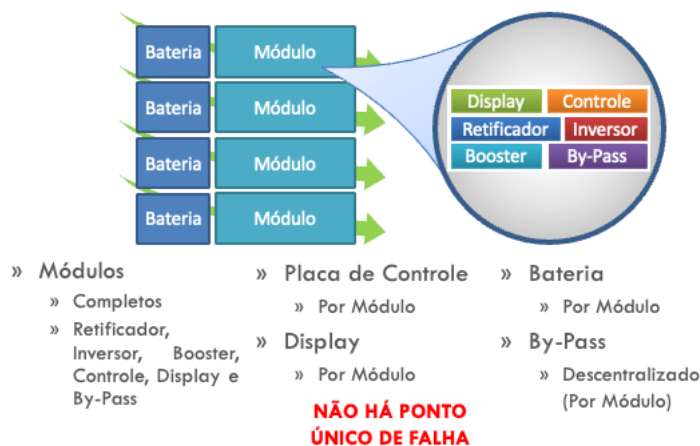


UPSs Modulares com Arquitetura de Chave Estática de Bypass Descentralizada são UPSs que possuem vários módulos UPSs completos (com retificador, Booster, carregador de baterias, inversor, chave de bypass, controle e display) dentro de um gabinete. Desta forma existe a possibilidade de redundância de UPSs completos dentro do gabinete UPS, dado que nenhum dos circuitos é único em todo o sistema. Vejamos um exemplo deste modelo de UPS abaixo:

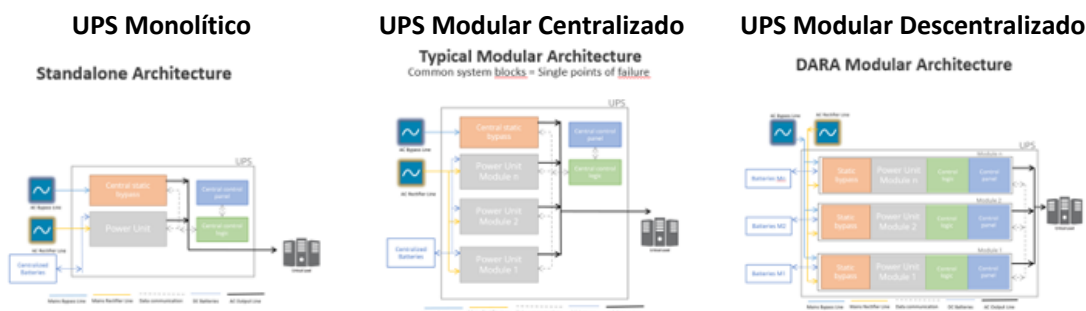


Neste tipo Arquitetura de UPS, Descentralizada, dado que não existem pontos únicos de falha, pois se qualquer dos componentes de um módulo UPS falhar, todo o restante do sistema permanecerá operacional (pois somente aquele módulo UPS será desligado ou isolado), aumentamos drasticamente a confiabilidade operacional do sistema como um todo.

ARQUITETURA MODULAR DESCENTRALIZADA

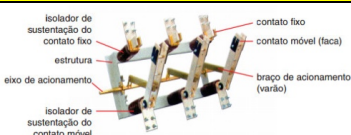

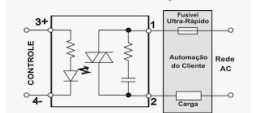
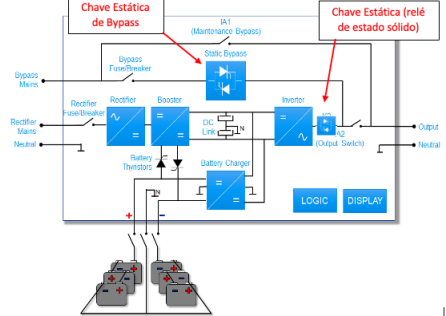
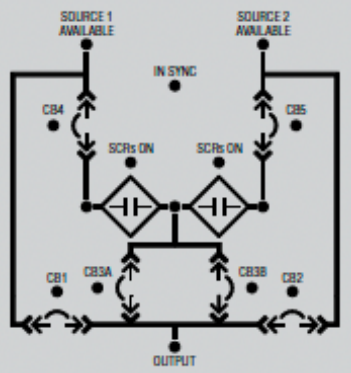


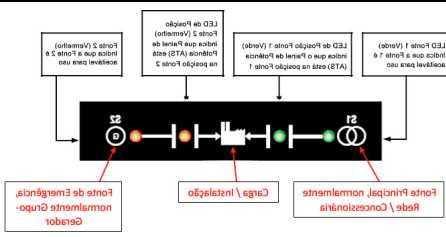
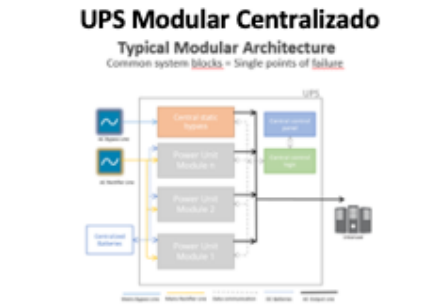
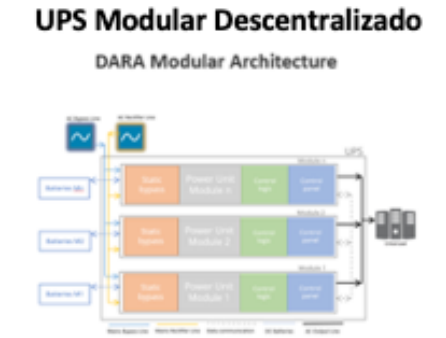
Resumidamente, então temos as seguintes arquiteturas de UPSs no mercado:



Conforme apresentado, fica evidente que um Sistema UPS com Arquitetura Modular Descentralizada é operacionalmente mais seguro do que os outros sistemas UPSs, pois não possui pontos únicos de falha. Se fizéssemos uma comparação simples com aviões, pensando apenas nas turbinas de propulsão, é mais confiável voar em um que tenha várias turbinas e possa continuar voando (mesmo que de forma precária) no caso de falha em uma delas ou é mais confiável voar num que tenha apenas uma turbina, em que caso esta falhar o avião certamente vai cair? Se você acha óbvia a resposta desta pergunta, então acredito que não terá dúvidas na escolha do modelo de UPS correto a ser implantado para alimentar suas cargas críticas.

Elaboro aqui um quadro resumo para facilitar o entendimento:

TIPO DE CHAVE	DESCRIÇÃO DE FUNCIONAMENTO	ESQUEMÁTICO
Chave Dinâmica Mecânica	Dispositivo de comutação mecânica acionado mecanicamente para energizar ou desenergizar uma carga.	
Chave Dinâmica Eletromecânica	Dispositivo de comutação mecânica acionado eletricamente para energizar ou desenergizar uma carga.	
Chave Estática ou Relé de Estado Sólido	Dispositivo de comutação estática acionado eletronicamente para energizar ou desenergizar uma carga.	
Chave Estática de Bypass de UPS	É uma Chave Estática monofásica ou trifásica com a função de transferir as cargas críticas entre Inversores e Rede de Alimentação (normalmente concessionária ou geradores)	
STS – Chave de Transferência Estática	É um equipamento constituído de duas Chaves Estáticas paralelas em suas saídas mas alimentadas por fontes distintas (normalmente UPSs) sincronizadas. Utilizada para transferir cargas críticas entre as duas fontes distintas de forma segura e praticamente sem interrupção de energia (ordem de milissegundos)	

<p>ATS – Chave Automática de Transferência</p>	<p>É uma Chave Eletromecânica com duas entradas e uma saída. Utilizada para transferir a alimentação de uma instalação entre fonte principal e emergencial, normalmente rede da concessionária e grupo-gerador.</p>	
<p>Chave Estática de Bypass Centralizada</p>	<p>É uma Chave Estática de Bypass única (centralizada) em um sistema UPS de módulos de potência (retificador + Booster + Inversor) paralelos. Normalmente o controle, o display de comando e a entrada de baterias também é centralizada e única.</p>	<p>UPS Modular Centralizado Typical Modular Architecture Common system blocks = Single points of failure</p> 
<p>Chave Estática de Bypass Descentralizada</p>	<p>São Chaves Estáticas de Bypass em igual número de módulos de potência do Sistema UPS. Cada módulo UPS possui a sua própria Chave Estática de Bypass. Cada módulo UPS com esta arquitetura é completo, contendo também display, controle e entrada de baterias individualizados.</p>	<p>UPS Modular Descentralizado DARA Modular Architecture</p> 

Espero com este documento ter elucidado o que são e quais são as funcionalidades das diversas chaves elétricas que ouvimos falar constantemente em nosso mercado de energia assegurada.



Eng. Marcos Fortes Cataldo

[Linkedin.com/in/marcoscataldo](https://www.linkedin.com/in/marcoscataldo)

cataldo@leistung.ind.br

www.leistung.ind.br

Engenheiro Elétrico com especialização em Eletrônica pela Universidade Mackenzie, Especialista em Serviços pela Fundação Vanzolini – USP, MBA em Gestão de Empresas pela FGV com extensão na UC Irvine – EUA, Diretor Técnico da empresa Leistung há 27 anos e com mais de 32 anos de trabalho na área de Sistemas de Energia Ininterrupta, membro da Diretoria Técnica e Educação da Associação Brasileira de Data Centers – ABDC, membro contribuinte da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT e palestrante sobre temas técnicos.