



**XXIII SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GSE/18  
18 a 21 de Outubro de 2015  
Foz do Iguaçu - PR

## **GRUPO – VIII**

### **GRUPO DE ESTUDO DE SUBESTAÇÕES E EQUIPAMENTO DE ALTA TENSÃO - GSE**

#### **SOLUÇÃO INOVADORA PROPORCIONANDO AUMENTO DE DISPONIBILIDADE E COMPACTAÇÃO DE SUBESTAÇÕES DE ALTA TENSÃO**

**Marta Lacorte (\*)**

**ABB**

**Giovane Gobo**

## **RESUMO**

Atualmente devido a necessidade de compactação de subestações de alta tensão como consequência da redução de espaço disponível está se tornando cada vez mais comum a necessidade de soluções inovadoras para subestações de alta tensão, independentemente do nível de tensão.

Soluções com tecnologia mais avançada estão ganhando cada vez mais espaço, pois a necessidade compactação de subestações juntamente a aceitabilidade de soluções inovadoras tem sido cada vez maiores. Entretanto, há sempre a geral e corriqueira preocupação, o custo.

A maneira correta para se definir a tecnologia a ser aplicada em uma subestação é estudar a melhor solução para cada caso. A melhor solução deve ser avaliada não somente considerando o investimento inicial nos equipamentos isoladamente. Custos diretos e indiretos do empreendimento assim como custos de operação e manutenção devem também ser avaliados.

Uma solução inovadora que possibilita a compactação de subestações de alta tensão com aumento da disponibilidade e redução de custos de operação e manutenção é o DCB (disconnecting circuit breaker).

A disponibilidade da subestação é maior devido a menor necessidade de manutenção e redução do tempo de paradas para manutenção dos equipamentos.

Neste artigo um exemplo de reduções de custos diretos e indiretos aplicando a solução DCB em subestações de alta tensão é apresentado demonstrando a adequação desta solução para diferentes tipos de arranjos de barras em subestações em Alta Tensão com níveis de tensão acima ou igual a 145 kV e subestações com o mesmo arranjo de barras mas com equipamentos diferentes.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Subestação, solução inovadora, disponibilidade, arranjo de subestação

## 1.0 - INTRODUÇÃO

Em sistema de energia elétrica, a maior preocupação é lidar com interrupções, maximizando, assim, a capacidade de transmitir energia aos clientes finais.

O caminho para maximizar o fluxo de energia é a utilização de equipamentos com baixos requisitos de manutenção, baixo índice de falhas e configuração de subestação otimizada.

Porém, a redução de espaço disponível requer compactação de subestações de alta tensão como consequência surge a necessidade de soluções inovadoras para subestações de alta tensão, independentemente do nível de tensão.

Somado a isto, no sistema brasileiro é cada vez mais presente a necessidade de substituição de equipamentos seja por superação de algum requisito técnico, seja por obsolescência. Resultando muitas vezes em espaço reduzido para instalação dos equipamentos de substituição.

A maneira correta para se definir a tecnologia a ser aplicada em uma subestação é estudar a melhor solução para cada caso. A melhor solução deve ser avaliada não somente considerando o investimento inicial nos equipamentos isoladamente. Custos diretos e indiretos do empreendimento assim como custos de operação e manutenção devem também ser avaliados.

Além da avaliação dos custos o arranjo de barras da subestação deve também ser analisado e definido conforme a importância da subestação no sistema e a tecnologia utilizada.

Uma solução inovadora que possibilita a compactação de subestações de alta tensão com aumento da disponibilidade e redução de custos de operação e manutenção é o DCB (disconnecting circuit breaker).

O DCB é composto de um único equipamento que substitui o disjuntor e as seccionadoras convencionais em subestações de alta tensão.

As características construtivas do DCB são as mesmas de um disjuntor, além de garantir as mesmas isolações dielétricas de uma seccionadora, e constituído também com uma lâmina de terra que possibilita o aterramento do equipamento.

Desta forma, a solução DCB representa uma redução considerável de custos de operação e manutenção, pois a seccionadora foi eliminada.

Além da redução de custos de operação e manutenção, outras reduções de custos diretos e indiretos são obtidos com a aplicação de solução DCB.

A redução de custos resultante da aplicação de solução DCB pode ser detectada no transporte do equipamento para a subestação, aquisição de terreno com dimensões reduzidas, necessidade de menor preparação do terreno para subestação (terraplanagem), menor obras civis, menor tempo de montagem, comissionamento mais simples e entrada em operação mais rápida.

## 2.0 - HISTÓRICO

Na década de 1960, os disjuntores eram isolados a ar comprimido com alto grau de periodicidade de manutenções.

Assim, seccionadoras foram projetadas para possibilitar o isolamento dos disjuntores durante sua manutenção.

Os intervalos típicos de manutenção eram de 1 a 2 anos para os disjuntores enquanto de aproximadamente 3 anos para as seccionadoras. Os arranjos das subestações possuem tradicionalmente seccionadoras para isolar o disjuntor durante manutenção. Como apresentado na Figura 1.

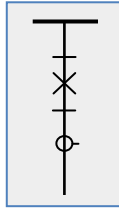


Figura 1- arranjo de barra simples

De forma a evitar a indisponibilidade da saída de linha ou transformador da subestação, uma seccionadora de bypass e uma barra auxiliar compõe o arranjo de barra principal e transferência. Como apresentado na Figura 2.

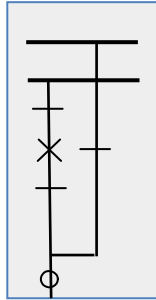


Figura 2- arranjo de barra principal e transferência.

Diferentes arranjos de barras são utilizados, como barra dupla a três chaves, barra dupla a quatro chaves, disjuntor e meio, anel, etc. [1]

Porém, a maioria dos arranjos de barras de subestações têm como premissa a necessidade de isolar o disjuntor com seccionadoras para manutenção.

No entanto, os disjuntores aa r comprimido foram superados pelos isolados a óleo com índices menores de manutenção, mas da mesma maneira ainda elevados (aproximadamente a cada 5 anos).

Posteriormente os disjuntores isolados a gás SF6 começaram a serem comercializados e hoje são referência em todo o mercado mundial. Os disjuntores isolados a gás SF6 demandam um grau muito menor de manutenção (aproximadamente a cada 15anos).

As seccionadoras, por sua vez, não sofreram evoluções tecnológicas, pois são equipamentos mecânicos sem capacidade de operação sob carga nem sob situações de curto circuito.

Em termos de manutenção os disjuntores sofreram grande evolução tecnológica porém as seccionadoras não.

As seccionadoras atualmente demandam muito mais manutenção que os disjuntores.

Assim, a utilização de seccionadoras para isolar o disjuntor durante manutenção não mais implica em redução da indisponibilidade.

### 3.0 - CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO DCB

Uma solução inovadora que possibilita a compactação de subestações de alta tensão com aumento da disponibilidade e redução de custos de operação e manutenção é o DCB (disconnecting circuit breaker).

O DCB é composto de um único equipamento que substitui o disjuntor e as seccionadoras convencionais em subestações de alta tensão e chave de aterramento motorizada, Figura 3.

A função de interrupção é idêntica à de um disjuntor convencional, mesma câmara de interrupção e o mesmo mecanismo de operação.

A função de seccionamento/isolação é obtida com o mesmo conjunto de contatos do disjuntor.

Para a função de desconexão não existem contatos adicionais ou outros componentes dentro da câmara de interrupção.

A distância entre contatos possui o mesmo o nível de isolação (BIL) de uma seccionadora.

Ao longo dos anos, o seccionamento visível fornecido pelas seccionadoras foi usado como uma indicação da segurança quando se trabalha em subestações convencionais. Em subestações GIS não houve necessidade de um seccionamento visível desde o início. Um dispositivo confiável de indicação de posição (assegurado por testes IEC) é utilizado em vez de seccionadoras e chaves de aterramento.

Somente o seccionamento visível não oferece segurança suficiente para realização de serviços em equipamentos de alta tensão, o equipamento deve ainda ser aterrado.

O DCB possui uma chave de aterramento motorizada instalada fora da câmara de interrupção. As posições “conectado a terra” e “aberto” são visíveis. Existe ainda a possibilidade de travar a lamina de terra mecanicamente com cadeado.

Quando o DCB é bloqueado na posição aberta tem a mesma função e suportabilidade dielétrica de uma seccionadora tradicional. A segurança necessária para começar a realização de serviço em equipamentos de alta tensão é alcançada quando a chave de terra visível está fechada.



Figura 3: DCB : disjuntor e chave de aterramento motorizada

O DCB foi desenvolvido de acordo com a norma IEC 62271-108 que é a união da norma de disjuntores (IEC 62271-100) e a de chaves (IEC 62271-102). Esta norma define os procedimentos de ensaios, intertravamentos e bloqueios de um DCB para se obter a maior segurança durante as condições de serviço e de manutenção.

O procedimento de ensaios garante que a performance dielétrica permanecerá durante a expectativa de vida do equipamento.

A principal vantagem do DCB em relação a uma seccionadora convencional é que os contatos elétricos estão em gás SF<sub>6</sub>, como em subestações isoladas a gás SF<sub>6</sub> (GIS), e, assim, protegidos contra os efeitos do ambiente, incluindo efeitos da poluição. O ambiente protegido resulta em maior confiabilidade e intervalos maiores entre manutenção.

A redução de custos é obtida pela redução do espaço, redução de serviços de terraplanagem e engenharia, redução do tempo de construção e instalação, menor número de outros equipamentos na subestação como barramentos, estruturas suporte, malha de terra, cabos.

#### 4.0 - EXEMPLO DE SIMPLIFICAÇÃO E REDUÇÃO DE CUSTOS DE UMA SUBESTAÇÃO

Como exemplo, é apresentada uma comparação entre uma subestação de 145 kV utilizando arranjo barra dupla com equipamento convencional versus um arranjo de barra simples seccionado com DCB.

Como arranjo barra dupla com equipamento convencional e arranjo de barra simples seccionado com DCB estão conectados da mesma forma durante condições normais de serviço, e a auxiliar é só utilizada devido à manutenção programada da seccionadora, esta é uma comparação muito boa.

O intervalo de manutenção assumidos são cinco anos para seccionadores e 15 anos para os disjuntores e DCB.

As figuras 4 e 5 apresentam os arranjos barra dupla com equipamentos convencionais e arranjo com DCB foi simplificado para barra simples, respectivamente.

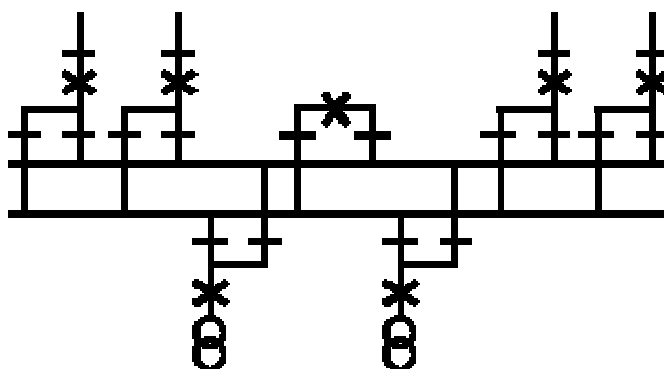


Figura 4 - arranjo barra dupla com equipamentos convencionais

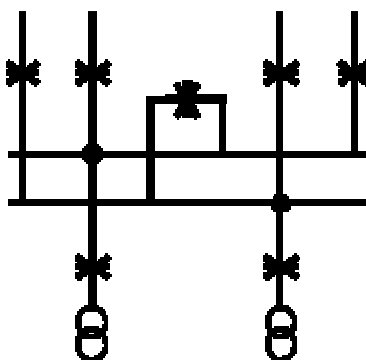


Figura 5 - arranjo barra simples com DCB

Os valores de frequência de falha foram retirados de fontes estatísticas internacionais, como CIGRE, que reúne informações de um equipamento de alta tensão real em serviço.

Uma vez que o DCB é muito semelhante a um disjuntor convencional, foi assumido que as estatísticas de falha são as mesmas para os disjuntores e DCB.

As figuras 6 e 7 apresentam o resultado do estudo, a indisponibilidade de uma saída de linha, em hrs/ano, devido a manutenção e falhas, respectivamente.

A indisponibilidade média devido à manutenção de uma saída da subestação foi reduzida de 3,07 para 1,2 horas por ano com a utilização do DCB.

A comparação mostra que a confiabilidade de uma saída da subestação vai aumentar, com a diminuição de 0,24 para 0,13 horas da duração de interrupção por falha por ano.

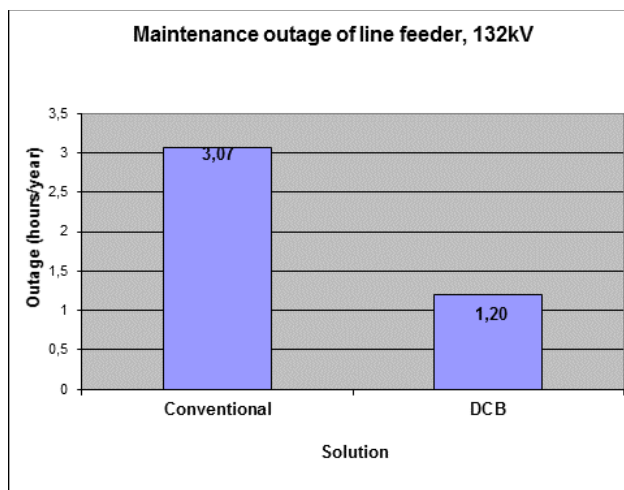


Figura 6 - indisponibilidade de uma saída de linha, em hrs/ano, devido a manutenção

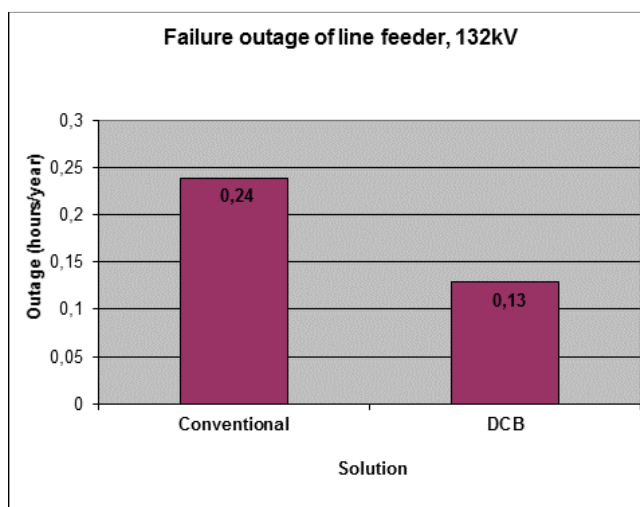
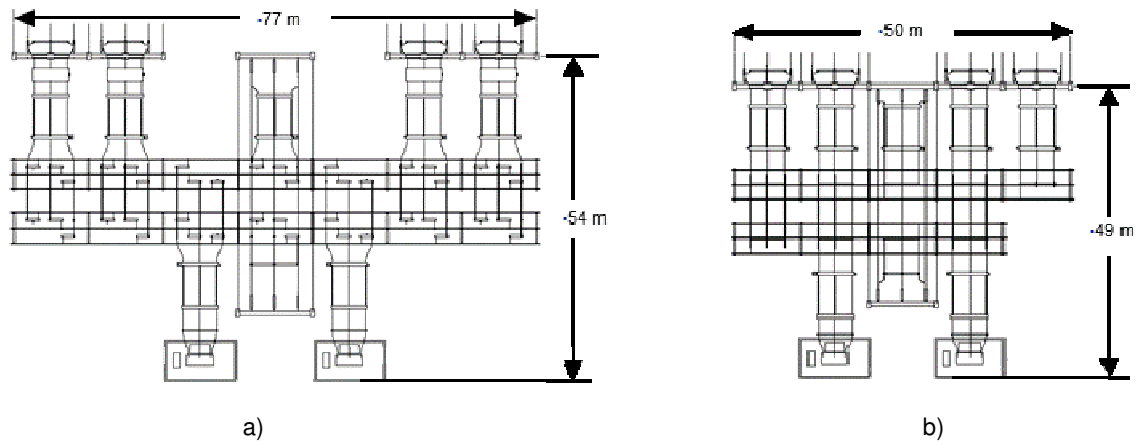


Figura 7 - indisponibilidade de uma saída de linha, em hrs/ano, devido a falhas

A figura 8 apresenta requisito de espaço para cada um dos arranjos.

Comparando os dois desenhos, é possível concluir que a construção de uma subestação de 145 kV com DCB em vez de equipamentos convencionais, o requisito de espaço é reduzido de 4,158 m<sup>2</sup> para 2450 m<sup>2</sup>, o que é uma redução de mais de 40%.



a) Requisito de espaço para arranjo com equipamentos convencionais

b) Requisito de espaço arranjo com DCB

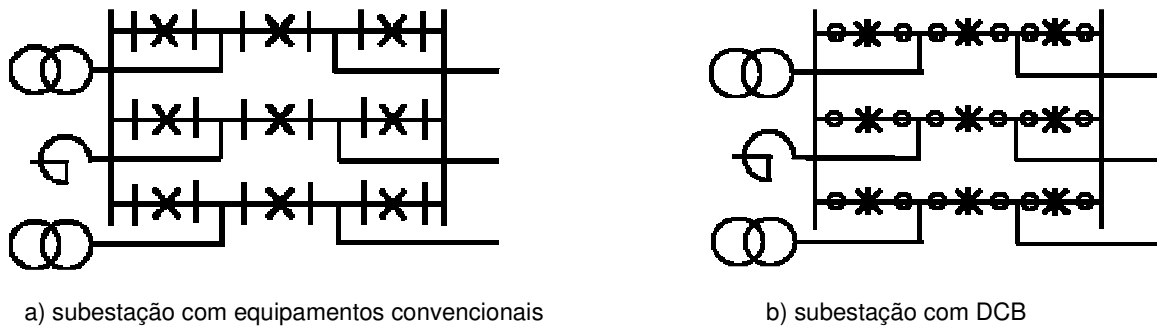
Figura 8 - espaço necessários para cada um dos arranjos.

O arranjo com DCB mesmo com um arranjo de barras mais simples, resulta em maior disponibilidade e redução do número de equipamentos e, conseqüentemente, de espaço.

Um outro estudo comparando a disponibilidade e redução de equipamento e espaço de uma subestação de 550 kV utilizando equipamentos convencionais e utilizando DCB foi realizado.

O mesmo arranjo de barras de disjuntor e meio foi considerado para subestação com equipamentos convencionais e com DCB, como apresentado na figura 9.

As figuras 10 e 11 apresentam o resultado do estudo, a indisponibilidade de uma saída de linha, em hrs/ano, devido a manutenção e falhas, respectivamente.



a) subestação com equipamentos convencionais

b) subestação com DCB

Figura 9 – arranjo de barras de disjuntor e meio para subestação com equipamentos convencionais e com DCB.

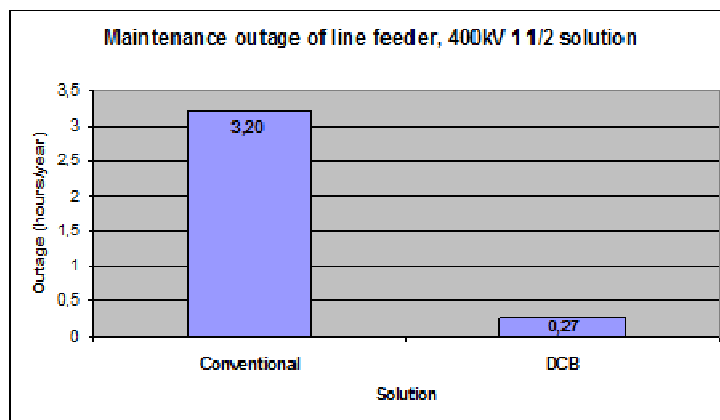


Figura 10 - indisponibilidade de uma saída de linha, em hrs/ano, devido a manutenção

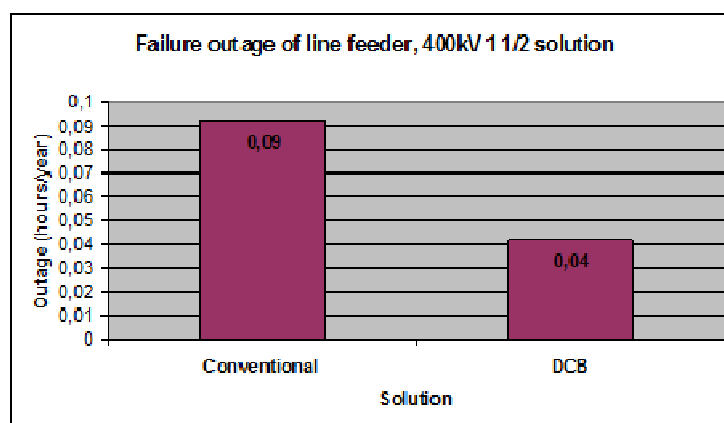


Figura 11 - indisponibilidade de uma saída de linha, em hrs/ano, devido a falhas

A subestação com DCB possui 91% menos indisponibilidade por manutenção e 55% de indisponibilidade por falhas, com o mesmo arranjo de barras da subestação com equipamentos convencionais.

## 5.0 - CONCLUSÃO

Desenvolvimento em tecnologia de disjuntores levou a reduções significativas na necessidade de manutenção e aumento em confiabilidade. Os intervalos de manutenção, com retirado do disjuntor de operação, de modernos disjuntores a SF6 são 15 anos ou mais. Ao mesmo tempo, o desenvolvimento de seccionadores se concentrou na redução de custos através da otimização do material usado, e não produziu quaisquer melhorias significativas em requisitos de manutenção e confiabilidade.

A necessidade reduzida de manutenção dos disjuntores em comparação com os seccionadores levou ao desenvolvimento do DCB, o qual incorpora a função de seccionamento nos contatos do disjuntor.

O conceito do DCB é eliminar as seccionadoras convencionais e simplificar o arranjo de subestações.

Subestações com DCB podem ser construídos em arranjos mais simplificado do que subestações com equipamentos convencionais e ainda alcançar maior confiabilidade.



O arranjo com DCB mesmo com um arranjo de barras mais simples resulta em maior disponibilidade e redução do número de equipamentos e, conseqüentemente, de espaço.

Para subestações importantes para operação do sistema, arranjos simplificados podem não ser aceitáveis a partir de uma perspectiva de segurança do sistema.

Arranjo mais complexos que resultam em menor perturbação a operação do sistema, como disjuntor e um meio ou duplo disjuntor é comumente usados e pode também ser construído com DCB com maior confiabilidade e requisito de espaço que com equipamentos convencionais.

## 6.0 - REFERENCIAS

[1] – EQUIPAMENTOS DE ALTA TENSÃO – Prospecção e Hierarquização de Inovações Tecnológicas; S. Frontin and all, livro publicado em 2013 como parte do projeto P&D INOVAEQ da ANEEL.

[2] - PROGRAMA SUBREL USER'S GUIDE, ABB THS, ETI Report No.: 98-5099-30, Oct 2000.

## 7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Marta Lacorte

Nascida em 19 de Julho de 1961 no Rio de Janeiro- RJ, Brasil.

Engenheira Eletricista pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro em 1983.

Mestre em Engenharia Elétrica pela Coordenação de Programas de Pós-graduação em Engenharia da universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE-UFRJ, em 1988

Pesquisadora do CEPEL, de 1984 a 1991, tendo atuado na área de pesquisa em equipamentos de manobra e proteção contra sobrecorrentes.

Em 1992, transferiu-se para a ABB Suíça, onde trabalhou até 2001 no Departamento de Subestação Isolada a Gas SF6 (GIS) como suporte técnico.

Em 2002 retornou ao Brasil como representante da fábrica de disjuntores de gerador da ABB Suíça para América Latina.

De 2011 até 2015 foi responsável técnica pelos equipamentos de Alta Tensão da ABB Brasil.

Atualmente é sócia da empresa ATIVA ENGENHARIA.

Giovane Miguel Gobo

Nascido em 10 de Abril de 1989 em São Paulo-SP, Brasil

Engenheiro de Controle e Automação (Mecatrônica) pela Universidade Paulista (UNIP) em 2014.

Cursando MBA em Gestão Estratégica de Negócios pela FMU, em São Paulo.

Trabalhou no departamento de Vendas & Marketing na WEG, de 2006 a 2012, atuou como coordenador regional de vendas no segmento de distribuição, especificamente no mercado de baixa tensão, com as linhas de produtos de Drives & Controls.

Em 2012, transferiu-se para a ABB, onde desempenhou a função de desenvolvedor de negócios no segmento EPC para os produtos de alta tensão.

Desde 2014 é gerente da linha de produto DCB (Disconnecting Circuit Breaker) e hoje, além desta função, desempenha a gestão de negócios para a área de componentes de alta e média tensão, assim como soluções de baixa tensão focadas em qualidade de energia.