



REVISTA

# o setor elétrico

ISSN 1983-0912

Ano 17 - Edição 186 / Abril de 2022

## Transmissão receberá grandes investimentos para escoar geração eólica e solar

Expansão do sistema, digitalização e transição energética dominam debates durante a primeira edição do T&D Energy

### HIDROGÊNIO VERDE

Qual é o mercado atual e futuro para esta nova tecnologia?

Quadros e painéis elétricos: a vigência definitiva da ABNT NBR IEC 61439-1:2016 e a nova atualização publicada pela IEC

É mais:

- Requisitos para a elaboração de um inventário de riscos elétricos
- Aterramento e proteção contra raios em parques eólicos
- Os 50 anos do Cigre-Brasi



sustentabilidade engenharia  
energia renovável painéis elétrica  
trabalho em equipe verdade  
energia tradição confiança esg  
velocidade movimento trabalho  
baixa tensão  
Maggiore  
Grupo Gimi  
engenheiro  
eletricista  
clientes esg  
média tensão soluções  
desempenho credibilidade  
determinação propósito força  
crescimento sustentável coragem  
engenharia elétrica conhecimento  
intensidade  
histórias novas  
New piccolo  
entusiasmo  
inovação  
NoTTAbile  
Esg  
motivação  
empreendedorismo potência ideias  
mudança energia determinação esg  
revolucionar Skid solar expandir ideias  
responsabilidade social adequação  
Bimbo qualidade inovação  
novos produtos

mercado elétrico  
engenharia elétrica  
empenho dedicação  
sustentabilidade esg  
responsabilidade social  
cuidado  
energia  
inovação  
vontade  
dedicação  
encantar  
pertencer  
expandir  
revolucionar  
tradição  
excelência  
Skid Solar  
coragem  
sistema  
tecnologia  
eficiência  
qualidade  
serviços  
cubículo

# ANOS

criando soluções inovadoras e sustentáveis para o setor elétrico



Painéis de baixa tensão modulares até 5000A 50kA/1s, para uso abrigado e ao tempo.



Cubículos modulares MAGGIORE com disjuntor extraível até 2500A, 31,5kA/1s, 17,5kV para uso abrigado e ao tempo, resistente ao arco interno.



Cubículos classes 17,5kV, 24kV e 36kV, 16kA, compacto com isolamento a ar e seccionadoras em SF6, resistente ao arco interno.



Painel de distribuição em baixa tensão até 6300A, até 120kA/1s, até IP65, resistente ao arco interno tipo System Pro E-Power.



## Você sabia que o GRUPO GIMI utiliza conceitos de ESG em sua produção?



Um dos bons exemplos de nosso alinhamento com ESG é a linha de cubículos classe 17,5kV/16kA compacto com isolamento e seccionadoras a ar, **New Piccolo®**, construído de forma modular, permitindo a **reutilização** de seus módulos em diferentes configurações, possibilitando **recondicionar**, **remanufaturar** ou **realocar**, aumentando seu ciclo de vida e **reduzindo** o descarte e consumo de materiais.

Nesses próximos 50 anos, estaremos empenhados na construção de um mundo cada vez mais sustentável!



Skid solar totalmente customizável, projetado para atender transformadores entre 500kVA até 3000kVA para seu parque solar fotovoltaico.



RMU - Conjuntos de manobra e comando de distribuição secundária integralmente isolados com SF6 de tensão até 36kV.



Barramentos blindados de baixa tensão IP55, barras coladas, de 320A até 6300A em alumínio e cobre e sistema de medição eletrônica centralizada.



@Grupogimi



Edição 186

## Estamos de volta!

Após uma longa espera, retomamos aqui no Grupo O Setor Elétrico os eventos presenciais. Nossa reestreia deu-se com uma novidade: o T&D Energy, evento de primeira edição realizado pelo Instituto O Setor Elétrico, nosso irmão mais novo.

Eu poderia escrever muitas coisas sobre o evento, mas, para isso, temos uma reportagem exclusiva, que conta detalhes sobre o conteúdo discutido, sobre os executivos e autoridades presentes e outros números do evento. Te convido, então, a ler a matéria que se encontra logo nas primeiras páginas desta edição. Por ora, gostaria de destacar a euforia estampada não apenas na cara dos organizadores, mas também nos olhares e sorrisos de muitos que puderam estar presencialmente conosco nos dias 18 e 19 de abril, em São Paulo (SP). Para a grande maioria, o T&D Energy foi o primeiro congresso presencial desde o início de 2020 e reencontrar seus pares e amigos que, até então só se reuniam em salas virtuais, foi uma grande recompensa. Juntamente com o conteúdo, que trouxe temas altamente relevantes para a agenda do setor elétrico, o networking oferecido pelo evento foi certamente o ponto forte do encontro.

É importante mencionar o desafio de realizar um evento presencial neste momento diante da insegurança que ainda temos frente ao Covid e suas variantes - receio este absolutamente natural tendo em vista o caos e tantas vidas perdidas nos últimos dois anos. Seríamos loucos se não sentíssemos certa preocupação com a vida voltando "ao normal". Além disso, a pandemia trouxe definitivamente o mundo virtual para o nosso dia a dia. O face to face é muito importante e necessário, mas nem sempre. Por que percorrer distâncias enormes para uma simples reunião? O mundo corporativo já entendeu que nem sempre o presencial é mandatório e, para nós, do mundo da comunicação e da produção de eventos, não podemos mais pensar em uma coisa dissociada da outra. No caso do T&D Energy, oferecer o evento virtual foi extremamente importante por vários motivos, mas principalmente porque o nosso país é enorme e só a internet chega a todos os lugares (ou quase todos). Se recebemos 200 pessoas no presencial, outras 400 estavam nos acompanhando pelo celular ou pelo computador. E a informação e o conhecimento precisam chegar a todos! Não consigo enxergar mais o Zoom (ou o Meet ou o Teams) fora das nossas vidas. Você consegue?

Não poderia concluir este editorial sem agradecer a todos os profissionais e empresas parceiras que nos ajudaram a entregar um evento sensacional! Agradeço também a alguns profissionais do setor elétrico que contribuíram com indicação de temas, de palestrantes, de empresas relevantes e que nos ajudaram a construir uma programação vencedora! E, claro, um obrigada especial a toda a equipe O Setor Elétrico. Somos poucos, mas somos valentes!

Perdeu o 1º T&D Energy? Não se preocupe, em 2023 tem mais! Se quiser ver um pouquinho do que foi o evento, confira vídeos e fotos em [www.tdenergy.com.br](http://www.tdenergy.com.br)

Boa leitura a todos!

Abraços,

*Flávia Lima*

[flavia@atitudeeditorial.com.br](mailto:flavia@atitudeeditorial.com.br)



Acompanhe nossas lives e webinars com especialistas do setor em nosso canal no YouTube:  
<https://www.youtube.com/osetoreletrico>



Atitude.editorial  
atitude@atituedeeditorial.com.br

#### Diretores

Adolfo Vaiser  
Simone Vaiser

#### Assistente de circulação, pesquisa e eventos

Henrique Vaiser – henrique@atituedeeditorial.com.br  
Victor Meyagusko – victor@atituedeeditorial.com.br

#### Administração

Roberta Nayumi  
administrativo@atituedeeditorial.com.br

#### Editora

Flávia Lima – MTB 40.703  
flavia@atituedeeditorial.com.br

#### Publicidade

Diretor comercial  
Adolfo Vaiser

#### Contato publicitário

Willyan Santiago - willyan@atituedeeditorial.com.br

#### Direção de arte e produção

Leonardo Piva - atitude@leonardopiva.com.br

#### Consultor técnico

José Starosta

#### Colaboradores técnicos da publicação

Daniel Bento, Jobson Modena, José Starosta, Luciano Rosito,  
Nunziante Graziano, Roberval Bulgarelli.

#### Colaboradores desta edição

Aguinaldo Bizzo, Arthur Fernando Bonelli, Caio Huais, Cláudio Mardegan, Daniel Bento, Daniel Gil Lúcio, Elbia Gannom, Evandro Marcos Filho, Fabrício Gonçalves, Felipe Resende, Guilherme Chrispim, Jobson Modena, José Starosta, Julio Omori, Luciano Rosito, Márcio Trannin, Marco Bonelli, Markus Vlasits, Nunziante Graziano, Paulo Edmundo Freire, Ricardo Campos, Ricardo Rüter, Roberval Bulgarelli, Rodrigo Leal de Siqueira, Rodrigo Sauaia, Ronaldo Koloszuk, Saulo Cisneiros, Sérgio Seveleanu e Wagner Costa.

A Revista O Setor Elétrico é uma publicação mensal da Atitude Editorial Ltda., voltada aos mercados de Instalações Elétricas, Energia e Iluminação, com tiragem de 13.000 exemplares. Distribuída entre as empresas de engenharia, projetos e instalação, manutenção, indústrias de diversos segmentos, concessionárias, prefeituras e revendas de material elétrico, é enviada aos executivos e especificadores destes segmentos.

Os artigos assinados são de responsabilidade de seus autores e não necessariamente refletem as opiniões da revista. Não é permitida a reprodução total ou parcial das matérias sem expressa autorização da Editora.

Capa: shutterstock.com | biDaala studio

Impressão - Referência Editora e Gráfica

Distribuição - Correios

Atitude Editorial Publicações Técnicas Ltda.

Rua Piracama, 280, Sala 41  
Cep: 05017-040 – Perdizes – São Paulo (SP)  
Fone - (11) 98433-2788  
www.osetoreletrico.com.br  
atitude@atituedeeditorial.com.br

Filiada à

**anatec**  
www.anatec.org.br



### 35 *Suplemento Renováveis*

Aplicações de armazenamento de energia com foco em sistemas isolados. E mais: Segurança de sistemas solares fotovoltaicos para usuário e rede elétrica; Brasil avança no ranking mundial da fonte solar; Ampliação do papel da energia eólica e do escopo de atuação da ABEEólica.

### 4 *Editorial*

### 6 *Coluna do consultor*

Uma análise sobre o impacto da baixa qualidade da energia elétrica nos custos.

### 8 *Evento - T&D Energy*

Transição energética, expansão do sistema, políticas ESG, segurança cibernética: fique por dentro de tudo que foi discutido no T&D Energy, um dos principais eventos do setor elétrico de 2022.

### 17 *Fascículos*

Digitalização do setor elétrico  
Manutenção 4.0  
Segurança cibernética

### 52 *Artigo - Inovação*

Uma análise sobre a inserção do hidrogênio verde no mercado brasileiro de energia elétrica.

### 56 *Guia setorial*

Quadros elétricos: a vigência definitiva da ABNT NBR IEC 61439-1:2016 e a nova atualização publicada pela IEC. Confira também um guia de fabricantes e distribuidores de quadros e painéis elétricos.

### 62 *Aula prática*

A continuidade dos requisitos para a elaboração de um inventário de riscos elétricos em conformidade com a NR 1 e a NR 10.

### 64 *Espaço Aterramento*

Confira a primeira parte do artigo sobre aterramento e proteção contra raios em parques eólicos.

### 66 *Espaço SBQEE*

Tópicos fundamentais para avaliação e acompanhamento de bancos de capacitores de média e alta tensão.

### 68 *Espaço Cigre-Brasil*

Os 50 anos do Cigre-Brasil e do SNPTEE, evento sobre produção e transmissão de energia.

### *Colunas*

- 70 Jobson Modena - Proteção contra raios
- 72 Nunziante Graziano – Quadros e painéis
- 73 Luciano Rosito - Iluminação pública
- 74 Daniel Bento - Redes subterrâneas em foco
- 76 José Starosta - Energia com qualidade
- 78 Roberval Bulgarelli - Instalações Ex

### 80 *Opinião*

Energia incidente: uma avaliação que veio para ficar.



**José Starosta é diretor da Ação Engenharia e Instalações e membro da diretoria do Deinfra-Fiesp e da SBQEE. É consultor da revista O Setor Elétrico**  
jstarosta@acaoenge.com.br

## Quais seriam os custos associados à baixa qualidade da energia?

O levantamento efetuado em algumas referências (\*) sobre esse tema apresenta em, sua maioria, falhas de suprimento relativas à interrupções de fornecimento pelas distribuidoras. As Variações de Tensão de Curta Duração (VTCDs), desequilíbrios e harmônicos ocupam contextualização mais teórica e conceitual. Normalmente, os custos associados à energia são tratados na quantificação da energia fornecida e consumida. Hoje, em especial, o assunto ocupa espaço importante com a sinalização de liberação do ambiente livre progressivamente a todos os consumidores, além das alternativas da Geração Distribuída (GD).

Mas qual seria o custo daquela energia não distribuída? Aquela que os grandes consumidores, normalmente, esperam receber das distribuidoras de forma confiável e com boa disponibilidade, e que por diversas razões deixa de ocorrer? Ainda, as penalizações aplicadas pelo poder concedente são ínfimas se comparadas às perdas experimentadas pelos consumidores na produção industrial e operacional, perdas de matéria-prima, perdas de mão de obra ociosa, de imagem, de negócios, de oportunidades e outras tantas.

A avaliação dessas perdas está nos levantamentos e pesquisas elencadas e referenciadas ao final desse texto.

• Na Itália, um levantamento das perdas econômicas por baixa QEE em estabelecimentos industriais foi de US\$ 50 mil

a US\$ 250 mil dólares por ano e por fábrica;

- Na União Europeia, a Iniciativa de Qualidade de Energia Leonardo estimou perdas econômicas de até € 150bi por ano;
- Na Ásia, indústrias de semicondutores em Taiwan observaram perdas econômicas acima de NT\$ 5 mil (US\$ 1 US\$ = NT\$ 28,66) por evento de QEE;
- Na Índia, observaram-se perdas econômicas de até INR\$ 20 bilhões (US\$ 800 milhões) em indústrias farmacêuticas;
- Na África do Sul, grandes indústrias sofreram perdas econômicas acima de US\$ 200 milhões por ano;
- Nos EUA, uma pesquisa do EPRI quantificou perdas de US\$ 119 bilhões a US\$ 188 bilhões. Nesse contexto, seguindo o contexto das palavras do sempre presente prof. José Policarpo de Abreu (Fapemig), os números no Brasil estariam na faixa de US\$15 bilhões e US\$ 25 bilhões anuais, por proporcionalidade ao consumo e perdas dos poderosos vizinhos do norte;
- No caso das VTCDs, pesquisa na América do Norte apontou que um alimentador com alto número de variações de tensão de curta duração apresenta perdas econômicas da ordem de US\$ 1,8 milhão.

A análise das perdas por baixa QER merece ser estudada e quantificada mais detalhadamente considerando as perdas de processo, os aspectos de topologia e

manutenção dos sistemas em operação, além dos impactos da inserção de fontes renováveis intermitentes. O que parece certo é que os custos para se manter as redes aéreas em boas condições operacionais é muito menor do que as perdas dos consumidores, ou ainda sobre os investimentos que estes são obrigados a efetuar em suas infraestruturas para melhorar a confiabilidade operacional na produção.

Referências:

[1] *Why Poor Power Quality Costs Billions Annually and What Can Be Done About It.* Disponível em <https://blog.se.com/power-management-metering-monitoring-power-quality/2015/10/16/why-poor-power-quality-costs-billions-annually-and-what-can-be-done-about-it>, acesso em 04/Abril/2021.

[2] *Uso de energia elétrica nos EUA deve ter queda recorde.* Disponível em <https://blog.grupostudio.com.br/studio-energy/uso-de-energia-eletrica-nos-eua-deve-ter-queda-recorde>, acesso em 07/Abril/2021.

[3] *DOE- Departamento de Energia dos Estados Unidos da América.* Disponível em <https://www.energy.gov/energysaver/energy-saver> acesso em 02/11/2020

[4] *Panuwat Teansri et al. The Costs of Power Quality Disturbances for Industries Related Fabricated Metal, Machines and Equipment in Thailand P. Teansri et al, / GMSARN International Journal 6 (2012) 1 – 10.*

# PROTEÇÃO PARA QUADROS ELÉTRICOS

## CLAMPER

LÍDER E ESPECIALISTA  
EM DISPOSITIVOS DE  
PROTEÇÃO CONTRA  
RAIOS E SURTOS  
ELÉTRICOS



### CONHEÇA NOSSA LINHA COMPLETA

**CLAMPER** Connect, **CLAMPER** Front Míni, **CLAMPER** Front (classe II), **CLAMPER** Front (classe I/II),  
**CLAMPER** Front (classe II) bipolar, **CLAMPER** Front (classe II) tripolar.



[clamper.com.br](http://clamper.com.br)  
31 3689.9500

Especialista e Líder em Dispositivos de  
Proteção contra Raios e Surto Elétricos



Por Bruno Moreira e Flávia Lima



## Transmissão receberá aporte de R\$ 50 bi para escoar energia eólica e solar

**A previsão é da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e considera o horizonte de 10 anos. Este e outros desafios da transição energética foram debatidos no T&D Energy, evento promovido pelo Instituto O Setor Elétrico**

O movimento de transição energética e seus três grandes pilares - a digitalização, a descentralização e a descarbonização - prometem grandes desafios e oportunidades aos agentes do setor elétrico brasileiro, entre os quais a necessidade de investimentos robustos em linhas de transmissão para escoar a energia gerada pelos empreendimentos eólicos e solares da região nordeste para os grandes centros consumidores do país, notadamente, na região Sudeste. Este e outros assuntos foram debatidos durante o T&D Energy, evento promovido pelo Instituto O Setor Elétrico, pilar de

educação e negócios do Grupo O Setor Elétrico.

Constituído por congresso e área de exposição, o T&D Energy aconteceu nos dias 18 e 19 de abril de forma híbrida - virtual e presencial em São Paulo - e contou com a participação de importantes agentes do setor elétrico nacional, além de relevantes empresas provedoras de tecnologia como apoiadoras e patrocinadoras.

O evento aconteceu em um momento em que o setor elétrico está passando por profundas transformações, se movimentando em direção à transição energética, ou seja, a passagem de uma economia

fundada em combustíveis fósseis para uma economia de baixo carbono. Nesse sentido, o congresso preocupou-se em discutir o futuro das redes elétricas, com uma lupa para as subestações, tendo em vista as tendências de digitalização, descentralização, descarbonização, incluindo automação de processos, segurança cibernética, armazenamento de energia, práticas ESG, entre outros tópicos que estão na agenda das principais empresas do setor elétrico do país.

Traçando um breve panorama sobre o surgimento e a consolidação da transição energética no Brasil e no mundo, o professor do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e coordenador do Grupo de Estudos do Setor Elétrico (Gesel), Nivalde Castro, explicou que este é um processo que deverá ocorrer nos próximos anos de forma muito acentuada na Europa. Segundo o professor, por meio de investimentos em fontes renováveis, o continente visará garantir sua segurança energética e sustentabilidade ambiental, os dois grandes vetores da transição energética.

Para diminuir sua dependência do petróleo e do gás natural vindo de outros países e limpar sua matriz energética, a Europa deverá investir em hidrogênio verde, combustível carbono zero obtido por meio de fontes renováveis, como hidrelétrica, eólica e solar. De acordo com o professor Nivalde, para a Europa não compensará produzir hidrogênio verde para consumo próprio, devido à baixa competitividade econômica do combustível. É aí que se abrirá um grande caminho para o Brasil, que tem um imenso potencial de energia eólica e solar.

Neste cenário, porém, surge como grande preocupação a necessidade de o país fazer maiores investimentos para construir mais linhas de transmissão a fim de escoar essa energia gerada a partir das renováveis, cujo maior potencial está concentrado na região Nordeste. "A Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) já calculou que os investimentos em transmissão terão que ser bem maiores do que eram em sua média histórica para darem conta disso", diz.

Antevendo o problema, o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2031, produzido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), estipula investimentos da ordem de R\$ 50 bilhões em linhas de transmissão nos próximos 10 anos. O coordenador dos Estudos de Transmissão do Norte e Nordeste na EPE, Rafael Mello, explicou que as pesquisas trabalham com um cenário em que a potência instalada do país saltará de 180 GW

## Números do T&D Energy

- 2 dias de evento totalizando cerca de 18 horas de conteúdo;
- 48 palestrantes representando indústrias, concessionárias de energia, governo, associações setoriais, universidades e instituições de pesquisa e inovação;
- Público altamente qualificado: mais de 600 pessoas acompanharam o evento nas modalidades presencial e virtual;
- 13 patrocinadores: Brametal S/A, BRVAL, Embrastec, Gimi, RDI Bender, Grupo Intelli, Roxtec Brasil, Schneider Electric, Schweitzer Engineering Laboratories (SEL), S&C Electric, Siemens, Trael Transformadores e Varixx.



**Painel sobre transição energética com a participação, da esquerda para a direita, de Luiz Falcone, diretor de regulação na EDP; Joviano Santos, head de estratégia na Thymos Energia; Rui Chammas, presidente da Isa Cteep; Marcos Madureira, presidente da Abradee; Amílcar Guerreiro, diretor geral do Cepel; e Nivalde Castro, coordenador do Gesel/UFRJ.**



**Nunziante Graziano, CEO da Gimi e colunista da Revista OSE, conduziu o debate sobre ESG com Amaury Neto, Asset Management Director na Voltalia, Lígia Schlittler, sócia da área de Energia na Felsberg Advogados, e Luiz Vianna, presidente do Lactec.**



**Expansão do sistema em debate com a participação, da esquerda para a direita, José Starosta, diretor da Ação Engenharia; Gabriel Mussi Moraes, Diretor Presidente de Geração e Transmissão na Energisa; Rafael Mello, Coordenador dos Estudos de Transmissão do Norte e Nordeste na EPE; e Renato Povia Silva, Diretor de Inovação e Estratégia na CPFL Energia. Participaram de forma virtual a Rosana Santos, pesquisadora associada da FGV e sócia-fundadora da RRS Energia e Saulo Cisneiros, presidente do Cigre-Brasil.**



**Tema importante para a segurança do sistema, os especialistas discutiram como combater ameaças no ambiente cibernético. Participaram do debate Allyson Gomes, gerente de engenharia na Taesa; Julio Shigeaki Omori, Superintendente da Copel Distribuição; Eduardo Honorato, CEO da Munio Security; e, de forma virtual, Iony Patriota, diretor técnico do CIGRE-Brasil.**

para 220 GW nesse período, com um forte crescimento das energias renováveis (eólica e solar).

O presidente da Isa Cteep, Rui Chammas, lembra que não apenas os investimentos bastam, mas é preciso acelerar o tempo de construção dessa infraestrutura. Para a realidade atual, não é permitido mais esperar tanto tempo para se construir uma usina ou uma linha de transmissão, como era antigamente. Segundo o executivo, a expectativa é de que haja crescimento de cerca de 150% no número de linhas de transmissão, o que deve trazer um impacto significativo para o custo da energia para o consumidor final. “O grande desafio que nós temos é mudar a mentalidade daquele setor elétrico que era previsível, estável, com garantia de tranquilidade e longo tempo para planejamento para um setor mais “nervoso”, excitante, que dá vontade de fazer as coisas acontecerem para servir a transição energética, para servir a humanidade”, analisa.

Nesse sentido, à medida que a geração se desenvolvia, tendo em vista que uma planta hidrelétrica levava até uma década para ser construída, havia tempo hábil para o planejamento e consequente construção da infraestrutura necessária para escoar essa energia. Rafael Mello admite que a EPE tem sentido na pele a dificuldade de se antecipar a esses novos projetos eólicos e solares para executar um planejamento atualizado e exequível no horizonte de cinco a dez anos.

Para o presidente do Cigré Brasil, Saulo Cisneiros, o Brasil está razoavelmente bem servido com a malha de transmissão existente para enfrentar os novos desafios relacionados às fontes de geração renováveis. “O país tem essa malha de transmissão gigantesca, tanto relacionada a interconexão regional, como a que conecta os centros de geração, sendo necessário apenas investimento em conexões locais”, diz.

O coordenador dos Estudos de Transmissão do Norte e Nordeste na EPE concorda com Cisneiros no que tange ao Sistema Integrado Nacional (SIN), mas admite a preocupação da empresa com os novos projetos já prestes a se tornarem realidade. “O investimento vale a pena, até porque a transmissão representa apenas de 7% a 8% da conta

## Destaques do T&D Energy

Confira alguns dos temas, casos práticos e soluções apresentados durante o evento:

### SUBESTAÇÕES DIGITAIS E O PLANO DE EXPANSÃO DA CEMIG

O gerente de engenharia, automação e sistemas da distribuição na Cemig Distribuição, William Alves de Souza, contou detalhes técnicos dessa expansão e apresentou os novos padrões de subestação e as tecnologias embarcadas nas novas instalações.



### DESAFIOS DE UMA LIDERANÇA 100% FEMININA EM PARQUE EÓLICO

Com um case prático de ESG, a AES Brasil apostou em uma equipe 100% feminina para operar o complexo eólico Tucano, no interior da Bahia. Apresentada pela engenheira Juliana Oliveira, coordenadora da usina eólica, a iniciativa contribui para a meta corporativa da empresa de ter 30% de mulheres em cargos de alta liderança até 2025.



# TRANSFORMANDO ENERGIA EM **DESENVOLVIMENTO.**



Imagens ilustrativas.



[trael.com.br](http://trael.com.br)

Indústria e Assistência Técnica  
Cuiabá-MT • Brasil  
[65] 3611-6500





**Ambiente exclusivo para a realização de entrevistas com profissionais do setor presentes.**



**O evento recebeu em torno de 200 pessoas no formato presencial e mais de 400 no ambiente online.**

de luz dos brasileiro e traz um benefício muito grande, a fim de garantir a competitividade entre as fontes e diminuir o custo da geração, que, na prática, representa uma parcela maior na conta de luz”, diz.

## O preço da inovação

Para o diretor-geral do Centro de Pesquisa de Energia Elétrica (Cepel), Amílcar Guerreiro, a expansão das linhas de transmissão, que possibilitará a integração das fontes eólica e solar ao SIN, garantindo o processo de transição energética, será possível apenas por meio da inovação. “O desenvolvimento sustentável, por exemplo, só vem através da inovação tecnológica e essa, por sua vez, tem como um de seus principais aspectos a digitalização”, afirma.

Guerreiro destaca que o setor elétrico cresceu muito nos últimos 50 anos, mas que algumas inovações para suportar este crescimento já estão ultrapassadas. Algumas tecnologias substanciais para o setor, como geradores e transformadores, apesar das pequenas atualizações pelas quais passaram, funcionam basicamente da mesma forma que antigamente. “Assim, o grande desafio futuro para o setor é a automação e digitalização de processos, principalmente para a gestão de ativos, que propiciará a redução de custos e ampliação da disponibilidade dos equipamentos”, diz. Neste quesito, Guerreiro ressalta ainda a necessidade do desenvolvimento de sistemas de aquisição de dados, que transformarão todos os dados em informações, possibilitando uma melhor gestão dos ativos.

Com o objetivo de renovar e atualizar o setor elétrico brasileiro, o diretor-geral do Cepel sugere uma agenda, composta pelas seguintes etapas: modernização das instalações antigas para uma arquitetura 100% digital; investimento em sistemas de aquisição de dados; investimento em infraestrutura de tecnologia da informação (TI), com foco ou premissa de cibersegurança; investimento em ferramentas de Inteligência Artificial (IA); digitalização dos ativos e dos processos; e capacitação ou recapacitação dos quadros.

## MANUTENÇÃO 4.0 E AS NOVAS POSSIBILIDADES DE MONITORAMENTO

A modernização do sistema elétrico de potência proporcionou grandes revoluções na área de O&M, o que exigiu adaptação de estratégias e processos para a manutenção, haja vista a grande quantidade de informações em tempo real e infinitas possibilidades de monitoramento. O gerente corporativo de manutenção de alta tensão no Grupo Equatorial Energia, Caio Huais, atualizou a audiência sobre as possibilidades de monitoramento em todo o sistema de proteção, controle e supervisão de uma subestação e apresentou alguns cases de sucesso colecionados em sua experiência no setor elétrico.



## TRANSIÇÃO ENERGÉTICA: INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE

Em consonância com o movimento de transição energética, a Enel tem promovido algumas ações importantes em sua infraestrutura, como a modularização global de equipamentos e a padronização de subestações. Cicéli Martins, head of permitting and detail design da Enel, mostrou como a padronização mundial das subestações tem conferido maior agilidade na implementação, menor impacto ambiental e maior previsibilidade de custos e segurança operativa.



Quando se pensa em digitalização, descarbonização e descentralização, pilares da transição energética em todo o mundo, pensa-se também em geração distribuída (GD). A pesquisadora Rosana Santos explica que a transição energética está intrinsecamente atrelada à transformação na matriz energética, mas também à mudança no comportamento dos consumidores, que passam a ser "prosumidores", ou seja, produtores e também consumidores de energia. "Há um fluxo de elétrons que deixa de ser simplesmente aquele da cadeia tradicional de geração, transmissão, distribuição e consumo e passa a ser àquele de uma GD embebida na distribuidora, onde consumidores também injetam energia na rede", explica.

Essa mudança no fluxo acarreta uma série de problemas novos, cujas soluções ainda precisam ser pensadas. O diretor de Inovação e Estratégia da CPFL Energia, Renato Povia Silva, destaca que a regulação do setor elétrico brasileiro foi elaborada tendo em vista a subtensão, ou seja, com foco em fornecer energia de qualidade para atender o cliente na ponta do alimentador. "Mas quando instalam-se muito pontos de GD em uma área central, que, em geral, tem maior concentração econômica, começa a surgir um problema de sobretensão, que nem as redes, nem os procedimentos e nem a regulação estão preparadas para enfrentar", aponta.

Rosana lembra que todos os custos que as distribuidoras tiverem para lidar com a GD serão transferidos para a tarifa e serão pagos pelos consumidores finais, principalmente por aqueles que não se beneficiam da GD. Conforme ela, esta é uma questão regulatória que precisará ser endereçada, uma hora ou outra, sob o risco de se tornar um problema de difícil solução. "Ainda mais em um contexto de abertura do mercado, onde cada vez mais clientes devem sair da base da distribuidora e migrar para o mercado livre, fazendo com que o número de consumidores pagantes dos custos fixos da distribuição diminua bastante", afirma.

Preocupado com essas transformações acarretadas pela GD, o presidente da Associação Brasileira de Distribuidores de Energia



**João Mamede Filho esteve presencialmente no T&D Energy e apresentou o público com uma palestra sobre projetos de subestações e a importância da especificação de equipamentos.**



**O engenheiro Claudio Mardegan trouxe para o debate uma apresentação sobre proteção de equipamentos elétricos.**

**PROGRAMA DE ARMAZENAMENTO DA CPFL**

Guilherme Rissi, analista de projetos de inovação na CPFL Energia, apresentou em sua palestra detalhes do programa de armazenamento da companhia, que inclui projetos em desenvolvimento na distribuição, na geração/transmissão e também no consumidor final. Entre os benefícios do programa, Guilherme mencionou a segurança energética para sistemas críticos, a viabilidade econômica dos projetos e a conexão com fontes renováveis intermitentes.



**PRIMEIRA SUBESTAÇÃO DIGITAL DO SIN**

A cidade de Lorena, no interior de São Paulo, recebeu a primeira subestação digital da rede básica do Sistema Interligado Nacional (SIN), desenvolvida pela ISA Cteep. A subestação entrou em operação em outubro de 2021 e conta com 1.200 MVA de capacidade de transformação. Conforme apresentado por Fernando Weissaupt, coordenador de engenharia da companhia, a subestação apresenta algumas inovações importantes, como: digitalização de sinais analógicos, redução da quantidade de painéis de proteção e de cabos de controle, e flexibilidade na troca de informações entre os setores da instalação.



Elétrica (Abradee), Marcos Madureira, enfatiza que é preciso parcimônia em se tratando de inovações tecnológicas na rede elétrica, para que ela não se torne extremamente cara. “Se isso ocorrer, a rede acabará ficando obsoleta, sem conseguir competir com outras alternativas que possam vir a aparecer”, diz. Dessa forma, segundo Madureira, é preciso sem dúvida oferecer o melhor serviço, sem nunca esquecer, contudo, do custo, que deve ser o mais baixo possível.

Corroborando Madureira, o diretor de Regulação da EDP Energias do Brasil, Luiz Felipe Falcone, declara ser vital investir do ponto de vista técnico para que o serviço de distribuição melhore sempre mais. Mas, segundo ele, é essencial também que se tenha uma estrutura de mercado que possa alavancar as inovações como um todo, a partir da consciência dos valores que são efetivamente pagos no setor.

## Digitalização e segurança

Além da regulação necessária para fornecer segurança jurídica para que consigam arcar com a digitalização de seus ativos, uma outra preocupação está na pauta do dia dos agentes do setor elétrico: o risco de ataque cibernético. O superintendente da Companhia Paranaense

de Energia (Copel) Distribuição, Julio Omori, relata que o segmento de distribuição é um dos mais sensíveis a este problema, em razão das redes inteligentes. Estas pressupõem um mundo de dispositivos conectados (sensores, chaves e outros equipamentos) e que, inseridos no sistema, podem efetivamente causar desconforto operacional.

Para o CEO da Munio Security, Eduardo Honorato, quando o assunto é proteger instalações críticas, como as do setor elétrico, contra ataques cibernéticos, mais importante do que investir em produtos da última geração é conseguir detectar quais as partes do sistema apresentam maior risco para mitigá-lo com o processo mais apropriado. Esta opinião é reforçada pelo superintendente da Copel: “eu acredito que tudo começa com uma boa avaliação dos processos e análise de risco. Partir diretamente para a proteção dos ativos, sem o estabelecimento de prioridades, é queimar etapas, o que pode acarretar elevação de custos lá na frente”.

Honorato ressalta também a problemática em relação à resposta a incidentes, que não é tratada de modo muito claro na Rotina Operacional RO-CB BR.01 – Controles mínimos de segurança cibernética para o Ambiente Regulado Cibernético, divulgada pelo ONS, e que estabelece os controles de segurança cibernética a

### AUMENTO DE CONFIABILIDADE COM UMA ESTRATÉGIA MODERNA DE PROTEÇÃO

Adelson Pereira Junior, gerente de vendas nacional na S&C Electric do Brasil, apresentou os interruptores com rearme automático VacuFuse® II, que levam a tecnologia de teste de falta em direção à extremidade da rede, reduzindo sensivelmente a necessidade de despacho de equipes de manutenção impactando de forma significativa o Opex.



### IMPACTOS DAS SUBESTAÇÕES DE CONSUMIDORES NAS REDES INTELIGENTES

A BRVAL levou para o evento uma apresentação com foco nas redes inteligentes e nas boas práticas de sustentabilidade em linha com as políticas de ESG. Ressaltou a importância das cabines blindadas resistentes a arco em detrimento das convencionais para garantir a segurança dos usuários.



### MONITORAMENTO DE CIRCUITOS DE COMANDO E CONTROLE

A RDI Bender apresentou seu Dispositivo Supervisor de Isolamento (DSI), que, por meio de tecnologia avançada, garante a confiabilidade na medição, proporcionando segurança, otimização para localização do defeito e monitoramento real via supervisão.



### MONITORAMENTO DE ATIVOS POR MEIO DE IEDs INTELIGENTES

Em sua apresentação, o engenheiro Eduardo Zanirato, da SEL, explicou como o monitoramento constante permite identificar problemas antes que se tornem falhas permanentes. Para isso, anunciou algumas soluções de monitoramento para equipamentos, como disjuntores e transformadores.



### PROTEÇÃO DE SURTOS EM LINHAS ELÉTRICAS

A Embrastec dedicou sua apresentação a mostrar dicas sobre dimensionamento e aplicação correta de dispositivos de proteção contra surtos em linhas elétricas de baixa tensão sob as perspectivas normativa e de mercado.



### A INFLUÊNCIA DO ATERRAMENTO NA PERFORMANCE DOS TRANSFORMADORES

Com o avanço das tecnologias, seja para equipamentos, seja para as técnicas de instalação e operação, os sistemas de aterramento também precisam se adequar. O engenheiro José Jorge Porto, representando a Trael, deu uma verdadeira aula sobre o tema.



serem implementados nos centros de operação dos agentes e nos equipamentos de infraestrutura. Para o CEO da Munio Security, é essencial que haja uma definição do que é incidente, quais são as suas causas e impactos, para que se possa estabelecer corretamente as respostas necessárias a eles.

Sobre a rotina operacional do ONS, o diretor técnico do Cigré Brasil, Iony Patriota, afirma que, embora seja norma muito bem elaborada, endereçando os aspectos essenciais de segurança, é preciso salientar que se restringe somente ao espaço sob domínio do operador, ou seja, essencialmente aos centros de controle dos agentes, à comunicação dos agentes com o ONS e aos próprios centros de controle do ONS. “Mas o setor elétrico se estende além dos centros de controle. Há subestações, onde realmente está ocorrendo a digitalização e para as quais o Brasil ainda carece de regulamentação sobre segurança cibernética”, diz.

Na opinião de Patriota, a grande vulnerabilidade do setor se encontra nas subestações e nas usinas, onde há uma diversidade muito grande de hardwares e softwares, que, por serem dedicados, não respondem às soluções tradicionais de segurança cibernética. Complica ainda mais a situação, conforme o diretor técnico do Cigré Brasil, o fato de a maior parte das subestações brasileiras terem sua

### ARCO ELÉTRICO E ATPV NA PRÁTICA

A Varixx apresentou casos reais de como indústrias de todos os portes podem lidar de maneira inteligente e segura contra o arco elétrico e ATPV (Arc Thermal Performance Value).



responsabilidade compartilhada, às vezes por 10, 12 empresas, o que gera um problema de governança

Deve trazer luz a esta situação, segundo Patriota, a revisão do módulo 6.11 do procedimento de rede da ONS, que trata exatamente das instalações digitalizadas e que prevê uma discussão a respeito da segurança cibernética. Segundo ele, a revisão, que está em fase final com debate junto ao mercado, e deve ser homologada pela Aneel ainda neste ano, será um grande passo adiante no sentido de suprir a carência de um normativo, principalmente filosófico, para a segurança cibernética relacionada à tecnologia de operação de subestações.

### DESCARBONIZAÇÃO: TECNOLOGIA A VÁCUO SEM SF6

O engenheiro Davi Medeiros, da Schneider Electric, apresentou no evento sua linha ecológica de painéis modulares de distribuição secundária isolados a ar com capacidade para até 24 kV para indústrias, comércio e outras instalações.



### TECNOLOGIA A FAVOR DA MODERNIZAÇÃO DO SETOR

Grandes empresas do setor elétrico estão investindo fortemente na modernização dos seus sistemas. Observando essa tendência da digitalização, a Siemens tem contribuído com inovações focadas em digitalização dos sistemas de proteção e controle, soluções compactas de cubículos e sistemas avançados de monitoramento.



### PROTEÇÃO EM PASSAGEM DE CABOS EM SUBESTAÇÕES

Grande parte das falhas em equipamentos abrigados são causadas por água, animais, poeira, umidade etc. Ronaldo Tarcha, Country Managing Director na Roxtec, apresentou soluções dedicadas à vedação da passagem de cabos em subestações e eletrocentros.



### SOLUÇÃO ANTIFURTO DE CABOS DE COBRE EM SPDA

Tendo em vista o alto índice de furto de cobre no país, o Grupo Intelli apresentou durante o evento o Coppersteel, condutor bimetálico que combina as propriedades mecânicas do aço com a alta condutividade e resistência à corrosão do cobre.



### ESTRUTURAS MODULARES PARA SUBESTAÇÕES

O mundo está caminhando para a simplificação e digitalização e a inovação constante é um fator fundamental para a sobrevivência de qualquer negócio. Pensando nisso, a Brametal levantou a discussão sobre a importância de projetos padronizados e modulares para conferir velocidade às fases de projeto, de validação e de montagem.



### SF6 - MITOS, VERDADES E O FUTURO DA TECNOLOGIA

O engenheiro Nunziantie Graziano, diretor do Grupo Gimi, trouxe à tona as vantagens do uso do SF6, um dos gases de efeito estufa mais potentes conhecidos, mas com alta capacidade isolante, e levanta a discussão sobre alternativas viáveis à tecnologia.



SE É  
COBRECUM,  
DÁ JOGO!

“

CONDUZIR ENERGIA  
É O QUE EU FAÇO  
QUANDO LEVO A  
BOLA PRO GOL

FALCÃO, O MAIOR JOGADOR  
DA HISTÓRIA DO FUTSAL.



nucleotcm



OS FIOS E CABOS ELÉTRICOS DA COBRECUM  
CONDUZEM A ENERGIA DE MANEIRA SEGURA E EFICAZ,  
POIS SÃO SINÔNIMO DE INOVAÇÃO E SEGURANÇA,  
ALIANDO A ALTA TECNOLOGIA COM A MÁXIMA EFICIÊNCIA.  
É CERTEZA DE QUALIDADE TOTAL PARA TODO TIPO DE  
INSTALAÇÃO. SE É COBRECUM, DÁ JOGO!

**Cobrecom**

(11) 2118-3200 /cobrecom - www.cobrecom.com.br

## 18 DIGITALIZAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO

A transformação digital está em toda a parte. No setor elétrico, a digitalização já é realidade com processos cada vez mais automatizados e com a entrada de incontáveis dispositivos, como sensores, medidores, câmeras, computadores, etc. Sob coordenação de Julio Omori, superintendente na Copel Distribuição, este fascículo, composto por 4 artigos, abordará conceitos, histórico, evolução e tendências de digitalização no setor elétrico. Nesta edição:

**Capítulo III - As redes elétricas inteligentes de distribuição de energia e a integração com o consumidor**

Por Julio Omori

- Digitalização da distribuição de energia
- Automação da rede operativa
- Automação da medição
- A importância dos sistemas computacionais



## 24 MANUTENÇÃO 4.0

Cada vez mais, a manutenção de instalações de média e alta tensão incorpora hardwares, softwares e inteligências que auxiliam na organização, no controle e na eficiência dos processos, eliminando prejuízos e conferindo mais agilidade aos mantenedores. Esta série de 8 capítulos, coordenada pelo engenheiro Caio Huais, gerente nacional de manutenção no Grupo Equatorial Energia, discutirá sobre a chegada da chamada "Manutenção 4.0", passando por aspectos conceituais e práticos.

**Capítulo III - A renovação da manutenção no setor elétrico brasileiro por meio da automação de subestação**

Por Felipe Resende e Caio Huais

- Automação do Sistema Elétrico de Potência (SEP)
- Automação das subestações
- Impactos na operação e na manutenção
- Equipamentos necessários para SE padrão IEC 61850



## 30 SEGURANÇA CIBERNÉTICA

A transformação digital tem revolucionado o mundo que conhecemos. Neste ambiente de constante evolução, é preciso aproveitar as oportunidades e também monitorar os riscos. Um deles diz respeito à segurança cibernética, tema que tem preocupado gestores de todos os setores, incluindo o elétrico. Por isso, é tema deste fascículo de 8 artigos sob o comando de Rodrigo Leal, assessor da Diretoria de Operação da Chesf.

**Capítulo III - Arquitetura da subestação segura**

Por Sérgio Sevilleanu e Rodrigo Leal

- Arquitetura básica de uma subestação
- Controle de acesso e gerenciamento de credenciais
- Gestão de vulnerabilidades
- Proteção contra malware
- Conclusões e recomendações



SOLUÇÕES  
EAS

## Digitalização do setor elétrico

Por Julio Omori\*

# Capítulo III

## As redes elétricas inteligentes de distribuição de energia e a integração com o consumidor

### CONCEITOS E HISTÓRICO

O termo Smart Grid (Redes Elétricas Inteligentes) nasceu nos Estados Unidos e vem sendo utilizado desde 2005, quando apareceu pela primeira vez no artigo de Bruce F. Wollenberg e S. M. Armin, denominado “Toward A Smart Grid”. Os autores avaliavam, entre outros fatores, a condição dos ativos do sistema elétrico de potência norte-americano que estavam muito depreciados e que uma nova rede deveria ser repensada, agora com a possibilidade de ser uma “Rede Inteligente de Energia”. Os referidos autores do termo Smart Grid o definiram como uma infraestrutura de rede elétrica em larga escala caracterizada por segurança, agilidade e resiliência que enfrenta novas ameaças e condições não previstas. Os agentes que operam o sistema elétrico seriam capazes de se comunicar e cooperar entre si de forma a se autoconfigurar em caso de necessidade de correção. Nesta definição, a perspectiva de confiabilidade no fornecimento de energia prevalece, com uma preocupação com a rede operativa, automação e eficiência no fornecimento de energia ao consumidor.

Com o passar do tempo, outros fatores foram acrescentados ao conceito de Redes Elétricas Inteligentes, tais como a digitalização em larga escala de dispositivos, estabelecendo controles automáticos mais efetivos e uma rede de sensores, em que a personificação deste conceito é o “medidor inteligente”, fazendo com que erroneamente muitos interpretem a rede inteligente como medição inteligente. Outro fator importante é a integração com as fontes renováveis de geração de energia distribuída, uma entrada em grande escala destes Recursos Energéticos Distribuídos (Reds) com controle e segurança

para o sistema elétrico deveria ser suportada por uma rede que possa evitar problemas e potencializar os benefícios, inclusive os tarifários. Também deve ser ressaltada a integração com o consumidor digital do presente e do futuro. Os elementos das Redes Elétricas Inteligentes também são explorados a partir do medidor dentro da instalação elétrica do consumidor de energia, considerando a necessidade cada vez maior da inteligência estar integrada ao consumo e que o consumidor de energia migrará para o conceito de “prosumidor”, que pode enviar energia para a rede elétrica, quer seja pelo seu sistema de geração distribuída, seja pelo armazenamento que pode ser proveniente de seu próprio veículo elétrico em um conceito denominado de V2G (Veículo para a Rede).

A rede elétrica inteligente pode ser definida por um conceito de aplicação em larga escala de sensores, atuadores e controladores sobre os ativos tradicionais do sistema elétrico de potência, utilizando recursos de tecnologia de comunicação e de informação (TIC), promovendo a possibilidade de fluxo bidirecional de dados e da energia com segurança e qualidade.

Após 17 anos de desenvolvimento do tema de redes inteligentes, os Estados Unidos possuem mais de 50% de sua rede coberta pelo conceito, o Japão concluiu o maior projeto do mundo que estava em andamento com aproximadamente 30 milhões de pontos em Tóquio. China e Índia também contabilizam centenas de milhões de pontos instalados e, na América Latina, o Chile e a Colômbia já definiram o final desta década como alvo para finalização da implantação.

No Brasil, os projetos pilotos e algumas iniciativas isoladas também

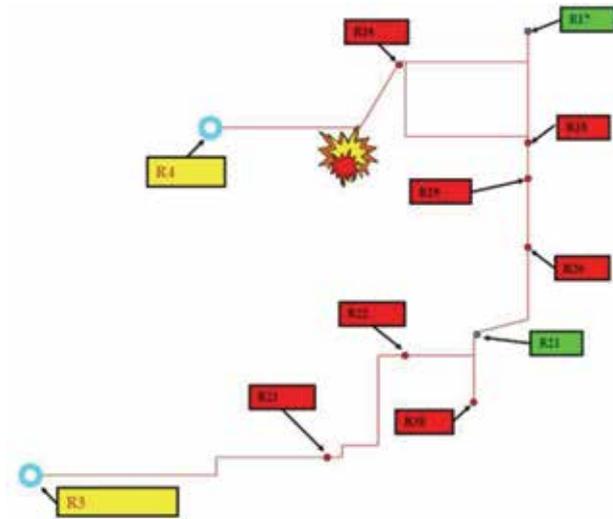


com esta lógica é possível isolar automaticamente os trechos dos circuitos preparando para a reconfiguração.

Os sistemas Self Healing são realizados em duas etapas de operação, primeiramente, o isolamento do trecho com defeito com a abertura das chaves que estavam normalmente fechadas e, na sequência, a operação de um ou mais equipamentos que operavam normalmente abertos para o restabelecimento dos trechos saudáveis.

A integração dos sistemas de reconfiguração automática de média tensão com as redes inteligentes é realizada pela necessidade de um sistema de comunicação entre os equipamentos e o centro de controle e entre os próprios equipamentos. Esta comunicação pode ser a mesma utilizada para todos os dispositivos automatizados no sistema elétrico normalmente com controle de prioridade. Outro ponto importante é a estratégia de controle que pode ser totalmente descentralizada, semi-centralizada ou integralmente centralizada. Quanto mais centralizada é a estratégia de controle maior a complexidade da operação e mais recursos podem ser utilizados para uma tomada de decisão mais segura e inteligente.

A Figura 2 ilustra um sistema de reconfiguração automática de rede apresentando a localização da falta e as possibilidades de operação para o restabelecimento da rede.



**Figura 2 – Sistema de reconfiguração automática de rede.**

Os sistemas que controlam a tensão e a potência reativa simultaneamente, que são denominados de Volt/Var, também se beneficiam da infraestrutura das redes inteligentes. A avaliação da tensão e do fator de potência e a previsão do efeito sobre a rede podem ser utilizados para melhorar a tomada de decisão a fim de privilegiar a gestão de ativos, a minimização das perdas ou o controle ótimo de tensão.

Assim como os sistemas de Self Healing, os de Volt/Var podem operar de forma descentralizada com uma amplitude

para operação sistêmica amplificada, podendo inserir até a geração distribuída como elemento de controle. Por este motivo tem sido uma função de destaque nas modernas plataformas de ADMS (Advanced Distribution Management System).

### AUTOMAÇÃO DA MEDIÇÃO

Como citado, a automação dos sistemas de medição é um ponto central para a implantação das estratégias de redes inteligentes. Os sistemas de medição inteligentes são fundamentais para a composição das redes elétricas inteligentes.

Conforme foi apresentado no Capítulo 1 desta série, a medição eletrônica tornou-se uma realidade a partir do ano de 2000 e o aumento da capacidade de processamento e de armazenamento de dados no próprio medidor tornou este equipamento um dispositivo que pode executar muitas ações além do registro de energia ativa.

Estes sistemas têm sido implantados em larga escala e estudados com muita atenção nos planos de negócios das distribuidoras de energia, pois existe um potencial elevado de redução de custos operacionais, aumento da receita e o combate às perdas não técnicas, elevando desta forma a qualidade do serviço e o aumento da eficiência energética.

A desvantagem desta aplicação são os elevados custos de implantação devido à necessidade de substituição do medidor tradicional em todas as entradas de serviço dos consumidores de energia. Esta substituição inclui, além do fornecimento do medidor inteligente, todo o serviço de instalação, adaptação física, comunicação de dados e ativação dos dados aos sistemas computacionais.

No Brasil, o impulso para a adoção dos medidores inteligentes foi proveniente da necessidade de desenvolvimento de um medidor para a tarifa branca, que contemplava postos horários, memória de massa, relógio interno e que estivesse preparado para a comunicação de dados e aprovação pelo Inmetro. Os primeiros medidores foram aprovados em 2016 e abriram as portas para aplicações em projetos de redes inteligentes. A Figura 3 apresenta a foto do primeiro medidor inteligente aprovado para utilização no Brasil em agosto de 2016.



**Figura 3 – Primeiro medidor inteligente aprovado no Brasil. Fonte weg.net.**

## Soluções para Usinas de Geração Distribuída

BRUnitech-SOLAR



G2 SLIM

Painel de Média Tensão à prova de arco interno (NBR IEC 62271-200)



TRANSFORMADOR A SECO

Transformadores a Seco de Média Tensão – 15kVA à 3000kVA



PROSE7

Painel de Baixa Tensão totalmente testado (NBR IEC 61439)

**FABRICAÇÃO PRÓPRIA DE TODA A SOLUÇÃO**

CABINES BLINDADAS HOMOLOGADAS E/OU ENERGIZADAS EM TODAS AS REGIÕES DO BRASIL



☎ 21 97105-6853 ☎ 21 3812-3100 ✉ vendas@brval.com.br

📱 📺 📺 brvalelectrical



Além das demais funcionalidades já citadas, os medidores inteligentes possuem função de corte e religa, cartão de comunicação integrado para conectividade da última milha, a função de último suspiro para avisar que está sem energia, medição de tensão, alarmes de sobrecarga e violações, entre outros.

### A IMPORTÂNCIA DAS TELECOMUNICAÇÕES PARA AS REDES INTELIGENTES

As empresas de energia possuem tradição no desenvolvimento de sistemas de comunicação próprios. O serviço envolvendo a energia elétrica é de missão crítica e requer alta qualidade de comunicação, em muitas situações em locais de difícil acesso. Por isso, historicamente, os investimentos em telecomunicações para uma rede operativa própria é comum no setor de energia. Com relação aos investimentos para conectividade das redes inteligentes não tem sido diferente.

Os maiores projetos do mundo destacam-se pela implantação de uma rede de comunicação de dados dedicada e pela sua confiabilidade. No entanto, com a melhoria contínua da infraestrutura pública de telecomunicações e os investimentos em sistemas para Internet Of Things (IOT) em banda estreita e do 5G para banda larga, muitas empresas de energia avaliam a possibilidade de adoção destas redes.

Independentemente desta discussão entre a adoção de uma rede pública ou privada não se tem dúvida sobre a comunicação de dados ser um fator crítico de sucesso para a implantação das redes elétricas inteligentes, tanto com relação à qualidade do serviço quanto ao preço a ser pago para a conectividade de um ponto. Desta forma qual seria a melhor tecnologia de comunicação?

A Figura 4 apresenta as principais variáveis e a resposta: depende dos requisitos desejáveis.

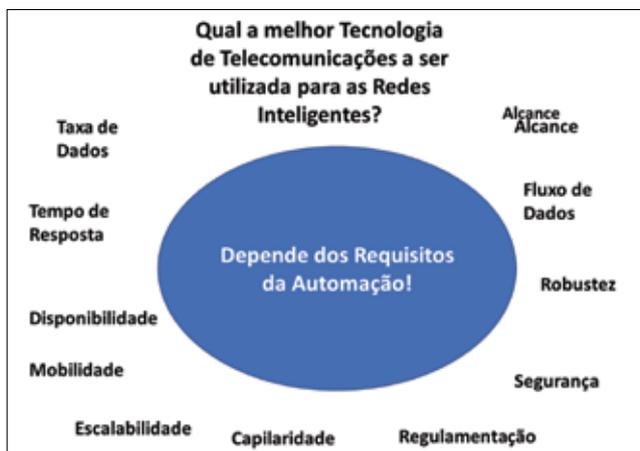


Figura 4 – Sistema de reconfiguração automática de rede.

Cada projeto tem as suas particularidades e não existe uma solução única para a questão de comunicação de dados. Inclusive muitos sistemas híbridos acabam sendo implementados.

### A IMPORTÂNCIA DOS SISTEMAS COMPUTACIONAIS PARA AS REDES INTELIGENTES

O processo de transformação digital elevou o “dado” à condição de ser o novo petróleo. Nos projetos de redes elétricas inteligentes, o que não faltará é a geração de um elevado volume de dados. Os principais parâmetros elétricos recebidos de milhões de pontos a cada 10 ou 15 minutos geram um grande problema de Big Data para resolver.

Além disso, a bibliografia que trata da execução de projetos nos EUA indica que a integração e a implantação das ferramentas computacionais são um dos principais desafios na implantação dos projetos de Smart Grids.

Os dados da rede inteligente podem ser consumidos por muitos sistemas computacionais, como ilustra a Figura 5.



Figura 5 – Dados provenientes das redes inteligentes utilizados nos sistemas computacionais.

São vários os sistemas computacionais e as áreas de uma empresa de distribuição de energia que podem ter vantagens competitivas com a utilização desses dados. No entanto, alguns dos principais sistemas, como o Customer Information System (CIS), que processa os dados de faturamento, validação das leituras feitas em campo, geração do comando para o corte e religamento das unidades consumidoras merecem atenção especial.

Também deve ser ressaltado que um MDM (Metering Data Management) é fundamental para o sucesso e aplicação dos dados provenientes das redes inteligentes. Hoje, além de fazer uma interface que recebe os dados de campo e os disponibiliza para utilização, os MDMs são constituídos de ferramentas de análise automática dos dados para dar apoio a várias utilizações imediatas como o combate a perdas, gestão de ativos e qualidade da energia.

Os centros de medição e de controle da operação também apresentam exemplos de ferramentas computacionais que utilizam os dados das redes elétricas inteligentes para gestão da sua operação, estabelecendo comunicação bidirecional. A Figura

6 ilustra uma foto do centro de Controle Integrado da Copel Distribuição, apresentando os vários sistemas computacionais que são utilizados dentro deste contexto.



**Figura 6 – Visão de ferramentas computacionais utilizadas no centro de controle.**

## O PROCESSO DE EMPODERAMENTO DO CONSUMIDOR DE ENERGIA

O aumento do empoderamento do consumidor de energia elétrica está ocorrendo e acontecerá devido aos seguintes fatores: abertura do mercado, aumento da geração distribuída, possibilidade de armazenar sua própria energia, entre outros fatores.

A digitalização proporcionará ao consumidor gerenciar com mais atenção o seu consumo e através deste tomar a decisão desde uma simples troca de um determinado eletrodoméstico até a possibilidade de aderir a uma mudança tarifária.

Com a possibilidade de qualquer consumidor poder escolher o seu fornecedor de energia elétrica, o mercado sofrerá uma mudança impactante. A tomada de decisão por parte do consumidor precisará ser consistente, sendo que, neste aspecto, a digitalização pode auxiliar de forma decisiva.

## REDES INTELIGENTES CONECTANDO AS INSTALAÇÕES DO CONSUMIDOR

Existem mais pontos a serem automatizados nas instalações elétricas dos consumidores do que no próprio sistema elétrico de potência. Pontos de iluminação e de tomadas passam a ser pontos de controle, dentro de uma condição utilizada para o conforto e segurança da instalação, e também podem ser utilizados como elementos de controle para a eficiência do consumo de energia elétrica.

Pontos de consumo, como as tomadas, aparelhos de ar-condicionado e a iluminação inteligente, podem ser

gerenciados por aplicativos e ferramentas, como Google Home e Alexa, da Amazon.

A integração com o sistema elétrico de potência pode proporcionar no futuro um controle único das cargas pelas próprias empresas que distribuem energia, assim como os consumidores podem ter dados detalhados dos seus consumos a partir dos medidores inteligentes. A Figura 7 apresenta o aplicativo que a Copel disponibiliza para os consumidores, com informações detalhadas sobre o seu consumo.



**Figura 7 - Aplicativo da Copel disponível aos consumidores que possuem medidores inteligentes.**

Existe uma tendência de que os consumidores de energia possam prover serviços ancilares para o sistema elétrico. A otimização dos ativos e a operação integrada podem evitar sobrecargas no sistema elétrico de potência, postergação de investimentos em geração, transmissão e distribuição de energia, melhoria no perfil de tensão, redução das perdas, entre outros.

As redes elétricas inteligentes promoverão a digitalização, que é um pré-requisito para a gestão cada vez mais complexa dos ativos de distribuição, principalmente pela entrada dos recursos energéticos distribuídos, que podem estar nos próprios consumidores. Desta forma, a conexão do consumidor cada vez mais digital com a rede elétrica inteligente será desafiadora, mas proporcionará inúmeros benefícios que poderão ser compartilhados com toda a sociedade.

\*Julio Shigeaki Omori é engenheiro eletricista e possui mestrado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. É professor de Engenharia Elétrica e de Energia na Universidade Positivo e superintendente na Copel Distribuição.

# Manutenção 4.0

Por Felipe Resende Sousa e Caio Huais\*

## Capítulo III

# A renovação da manutenção no setor elétrico brasileiro por meio da automação de subestação

### INTRODUÇÃO

Com o advento da computação, nota-se um aumento expressivo da produção de dados e transformação em informações, que permitem a otimização da tomada de decisão. É fato histórico que o homem sempre buscou melhorar o desempenho das suas atividades, e não há melhor exemplo para tal do que a invenção da roda. Neste cenário, atualmente, é cada vez mais comum o tema de automação, que consiste na utilização das informações geradas por sensores e tratadas em processadores para intervir em plantas industriais, em condições antes impensáveis de serem realizadas pelo operador humano. Tem como objetivo central garantir a segurança aos trabalhadores, possibilitar um melhor desempenho com relação ao tempo, aumentar a qualidade de produção e reduzir os custos associados.

### AUTOMAÇÃO NO SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA

A distribuição de energia no sistema elétrico passou por várias transformações e melhorias causadas pela digitalização, da mesma forma que outros setores da economia. A possibilidade de comunicação entre os equipamentos de uma subestação, enviando sinais de comando e informação (analógica e digital) entre si e entre o operador, trouxe ganhos significativos ao sistema.

As subestações de arranjo antigo, predominantemente eletromecânicas, possuem como inconveniente o fato de serem compostas por tecnologias descontinuadas, que impactam negativamente a manutenção do sistema. Além disso, há grande limitação de supervisão e comando remoto, que oneram muito o processo de manutenção e operação do sistema. Alguns dos principais impactos de subestações eletromecânicas são apresentados na Tabela 1.

**TABELA 1 - IMPACTOS DA AUSÊNCIA DA AUTOMAÇÃO EM SUBESTAÇÕES**

<i>Impactos na operação</i>	<i>Impactos na manutenção</i>
Maior número de intervenções humanas nos equipamentos.	Aumento da frequência de inspeções e intervenções em equipamentos.
Maior tempo de atendimento, impactando em indicadores de continuidade DEC e FEC.	Manutenções menos assertivas e mais caras.
Maior exposição ao equipamento, face à necessidade de leituras e inspeções periódicas, trazendo maiores riscos de acidente.	Maior tempo de reparo (MTTR), devido à limitação de informações.
Menor autonomia em manobras.	Maior taxa de falhas em ativos.
Redução do poder de tomada de decisão, em virtude da escassez de informações.	Aplicação indevida de homem-hora em equipamento com baixo ou nenhum valor contábil.

## SUBESTAÇÕES AUTOMATIZADAS: UMA REVOLUÇÃO PARA O SISTEMA E PARA SOCIEDADE

A possibilidade de comunicação entre equipamentos permitiu que as subestações sofressem processos de digitalização e automação. Apesar de similares, há de se fazer a distinção entre os dois conceitos, uma vez que uma planta digitalizada possui menos recursos do que uma planta automatizada. De forma sucinta, instalações digitalizadas apresentam dispositivos digitais de proteção, mas não contam com a comunicação desses dispositivos, limitando a aquisição de informações remotas. Já as subestações automatizadas contam com protocolos e normas de comunicação que permitem não só a comunicação entre si, mas também a leitura e a supervisão de todos os valores analógicos e digitais de que constam no projeto de automação de uma subestação. Nos dois casos, a execução da instalação e da manutenção deve ser feita por empresas com conhecimento tanto na prestação de serviços em automação, quanto em distribuição de energia.

Uma das normas mais aplicadas atualmente em automação de subestações é a IEC 61850. Por definição, a norma estabelece um modelo de comunicação entre dispositivos, fundamentado na orientação a objetos. Em cada equipamento físico (ou IED) existem nós lógicos e funções lógicas comunicáveis entre si. Além disso, outras características dos equipamentos construídos à luz

da norma são suportar diversos protocolos, bem como trabalhar com mensagens distintas, a saber: MMS (Manufacturing Message Specification), GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event), SV (Sampled Variables) e XML (Extensible Markup Language).

Desta forma, fica estabelecido que os relés de proteção da subestação se comuniquem com os sistemas supervisórios, que, por sua vez, se comunicam com os centros de operações, estabelecendo a possibilidade de supervisão e controle remotos. Com este fim, a IEC 61850 distingue as aplicações em três níveis hierárquicos, a saber:

- Nível de estação: definido pelo capítulo 8-1 da norma, com o mapeamento das camadas de comunicação (TCP/IP), mensagens GOOSE (evento genérico de subestação orientado a objeto - mensagens ágeis óticas) e sincronização de tempo SNTP (Protocolo de tempo de rede simples - GPS);
- Nível de vão: definido pelo modelo de dados e aplicações das funções do sistema, concordante com o capítulo 7 da norma;
- Nível de processo: é definido no capítulo 9 da norma com os valores analógicos de tensão e corrente amostrados, trafegando pela rede. Essa separação em níveis é somente hierárquica. Na subestação tem-se apenas um enlace físico onde as informações são trafegadas.

# SOLUÇÕES PARA ENERGIA!

Estruturas de Aço para Linhas de Transmissão.  
Serviços de Galvanização.



**SHOWCASE**  
Confira nosso portfólio completo.



### Torres Treliçadas

Elaborada segundo normas técnicas vigentes, nossas treliças metálicas oferecem um custo/benefício imbatível, com maior durabilidade.

Uma empresa 100% brasileira



### Estruturas Monotubulares (Postes)

Postes monotubulares em aço galvanizado por imersão a quente para linhas de transmissão de 69 a 230kV, para aplicação em suspensão e ancoragem, proporcionam rapidez em linhas compactas em especial para o espaço urbano. Disponíveis em alturas até 80m.



### Subestações

Colunas, vigas e suportes para subestação de energia, desde o desenvolvimento do projeto até a fabricação das estruturas, incluindo os processos de galvanização a quente, bem como embalagem por componente e entrega das estruturas metálicas nos canteiros de obras.

**TABELA 2 - EQUIPAMENTOS QUE COMPÕEM UMA SUBESTAÇÃO PADRÃO IEC 61850**

Equipamentos de painel	Equipamentos de pátio
Switch gerenciável	Transformadores de corrente (TCs)
Fibras óticas	Transformadores de potencial (TPs)
Relés de proteção inteligentes (IEDs)	Transformadores de força
Roteadores	Disjuntores
Controladores (CLPs)	Banco de capacitores
Gateway	Chaves seccionadoras
GPS	Chaves isoladas
Sistemas de supervisão e controle (SCADA)	
Interface homem máquina (IHM)	

A arquitetura de uma subestação compatível com a norma IEC 61850 é composta por equipamentos de painel e de pátio, apresentados na Tabela 2.

Para exemplificar, é ilustrada na Figura 1 uma arquitetura de subestação compatível com a norma IEC 61850, onde são apresentados os barramentos de nível 0 (equipamentos de pátio), nível 1 (vão), nível 2 (subestação) e nível 3 (centro de operações).

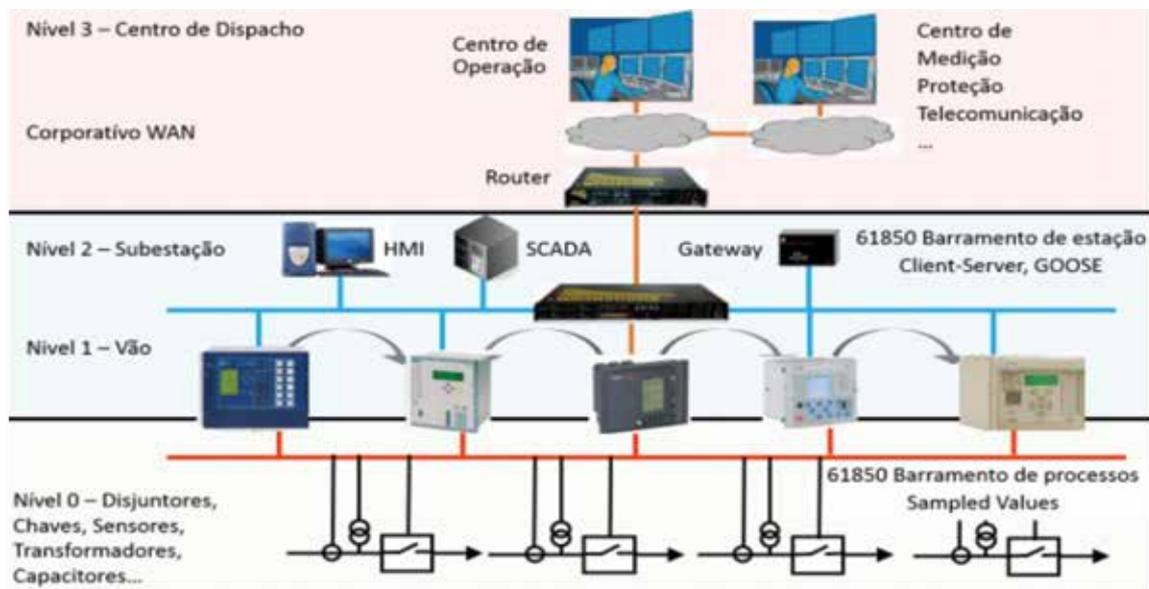
Dentre os principais benefícios da automação para as distribuidoras, destacam-se:

- **Eficiência operacional:** a partir dos prognósticos que se fazem praticáveis com a automação, é possível elaborar planos de manutenção voltados aos equipamentos que apresentam comportamentos indevidos nos registros de operação. Com os registros é possível identificar defeitos que ainda não geraram uma falha, possibilitando assim o direcionamento da manutenção. Assim,

a automação permite uma aproximação da manutenção centrada em confiabilidade, atuando da forma certa, no equipamento certo no momento necessário;

- **Segurança:** a automação garante novos pontos de monitoramento para o sistema, permitindo assim, além da supervisão de grandezas elétricas, monitorar a saúde dos ativos de proteção, a partir de entradas digitais que sinalizam falhas internas, defeitos em sistemas de proteção e controle. A recusa de uma proteção por falha interna pode ser antecipada a partir de sinais de monitoramento no sistema supervisorio, preservando a integridade dos equipamentos, do sistema e das instalações (clientes);

- **Supervisão e telecomando:** este é o fator primordial para a automação em subestações. Promover supervisão remota em subestações para múltiplos pontos significa conhecer em tempo real toda condição operativa dos equipamentos, medição de grandezas elétricas, registros de eventos, videomonitoramento (permitindo ver


**Figura 1 - Exemplo de arquitetura de subestação com padronização IEC 61850.**

# EFICIÊNCIA.

Servir clientes é sua prioridade. Fazer isso de maneira mais segura, eficiente e confiável deve ser sua estratégia.

## A SOLUÇÃO PARA AMPLIAÇÃO E MAIOR CONFIABILIDADE DA REDE CIRCUIT-SWITCHER MARK V DA S&C

À medida que sua base de clientes cresce, sua rede de transmissão também deve crescer ou ser reconfigurada para aumento da confiabilidade. Mas as expansões da rede de transmissão, geralmente, são acompanhadas por custos de construção significativos. Estender ou reconfigurar suas linhas de transmissão não tem que significar a construção de subestações complexas e de custos elevados. Vários equipamentos, engenharia avançada, compra de terrenos, e obtenção de licenças para construção—a lista é longa. Em vez disso, o Circuit-Switcher Mark V da S&C permite que, de forma eficiente, faça seccionamento de linhas, transferência de carga entre linhas e conexão de novos clientes, por meio de um único produto montado em torre de transmissão, comparado a uma subestação de manobra, economizando significativamente tempo e dinheiro. Faça a troca.

Planeje para sucesso completo com a S&C, líder mundial em confiabilidade.



Veja a diferença em [sandc.com/BrasilMarkV](https://sandc.com/BrasilMarkV)

© S&C Electric Company 2021. All rights reserved.



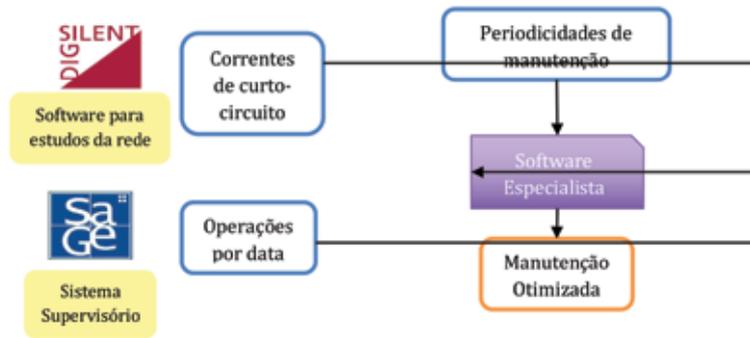


Figura 2 - Exemplo de manutenção baseada em confiabilidade para disjuntores, utilizando automação de subestações.

condições físicas). Isso significa permitir uma resposta rápida para qualquer evento, sobretudo, os que resultam em interrupções. Tão importante quanto a supervisão é o telecomando. Para que sejam possíveis manobras remotas é preciso que o sistema de telecontrole esteja íntegro. Isso passa pela comunicação do centro de operações com a unidade supervisória da subestação, da unidade supervisória com os dispositivos de proteção e controle;

- **Prognósticos:** a possibilidade de análises prévias em eventos no sistema permite maior agilidade na pesquisa do problema, no atendimento e, consequentemente, no tempo médio de reparo no circuito defeituoso (MTBF). Na prática, a capacidade de analisar eventos no sistema, a partir de valores analógicos e digitais, contribui diretamente para a agilidade no atendimento.

Não podemos deixar de abordar os benefícios que uma automação de subestações traz para a sociedade:

- **Confiabilidade no fornecimento de energia:** a possibilidade do restabelecimento remoto de energia permite que todos os desarmes oriundos de defeitos transitórios sejam restabelecidos. Isso representa, em algumas regiões, mais de 70% dos desarmes. Além disso, a capacidade de saber exatamente as condições do sistema permite à concessionária se preparar melhor para os atendimentos a clientes críticos, como: hospitais, postos de saúde, postos de vacinação, clientes que utilizam aparelhos médicos em casa e demais casos;
- **Segurança nas instalações:** as instalações elétricas, por sua natureza, oferecem risco à população, uma vez que são expostas e conduzem energia em baixa, média e alta tensão. Os dispositivos de proteção alocados nas subestações garantem que os circuitos, uma vez submetidos a um defeito externo, sejam desligados no tempo correto.

### BENEFÍCIOS DA AUTOMAÇÃO PARA A MANUTENÇÃO – EXEMPLO DA MANUTENÇÃO EM DISJUNTORES

Talvez o principal benefício da automação para a realidade da manutenção é a transição de um modelo de manutenção baseada em tempo (usualmente mais cara e menos assertiva) para um modelo

de manutenção baseada em confiabilidade (mais econômica, uma vez que a intervenção se dá somente no momento necessário).

Anteriormente, as manutenções em disjuntores eram previstas somente com base em um tempo determinado, usualmente dependente do tipo de extinção do equipamento. Apesar disso, vários fabricantes já recomendavam que a manutenção fosse feita considerando também a relação número de operações versus corrente de curto-circuito. No entanto, a dificuldade de se coletar as informações impossibilitava as boas práticas previstas.

Com a implementação de subestações automatizadas, é possível a implementação de um modelo estratégico de manutenção em disjuntores, apresentado na Figura 2. Por meio de softwares especialistas em estudos do sistema elétrico, é possível calcular os níveis de curto-circuito nos mais diversos pontos da rede. Com os eventos advindos do supervisório, constrói-se um data-lake contendo a data e hora de abertura de cada equipamento, associado ao valor da corrente interrompida. Assim, é possível a programação da intervenção em disjuntores somente quando necessário, reduzindo custos e ocupação indevida de homem-hora.

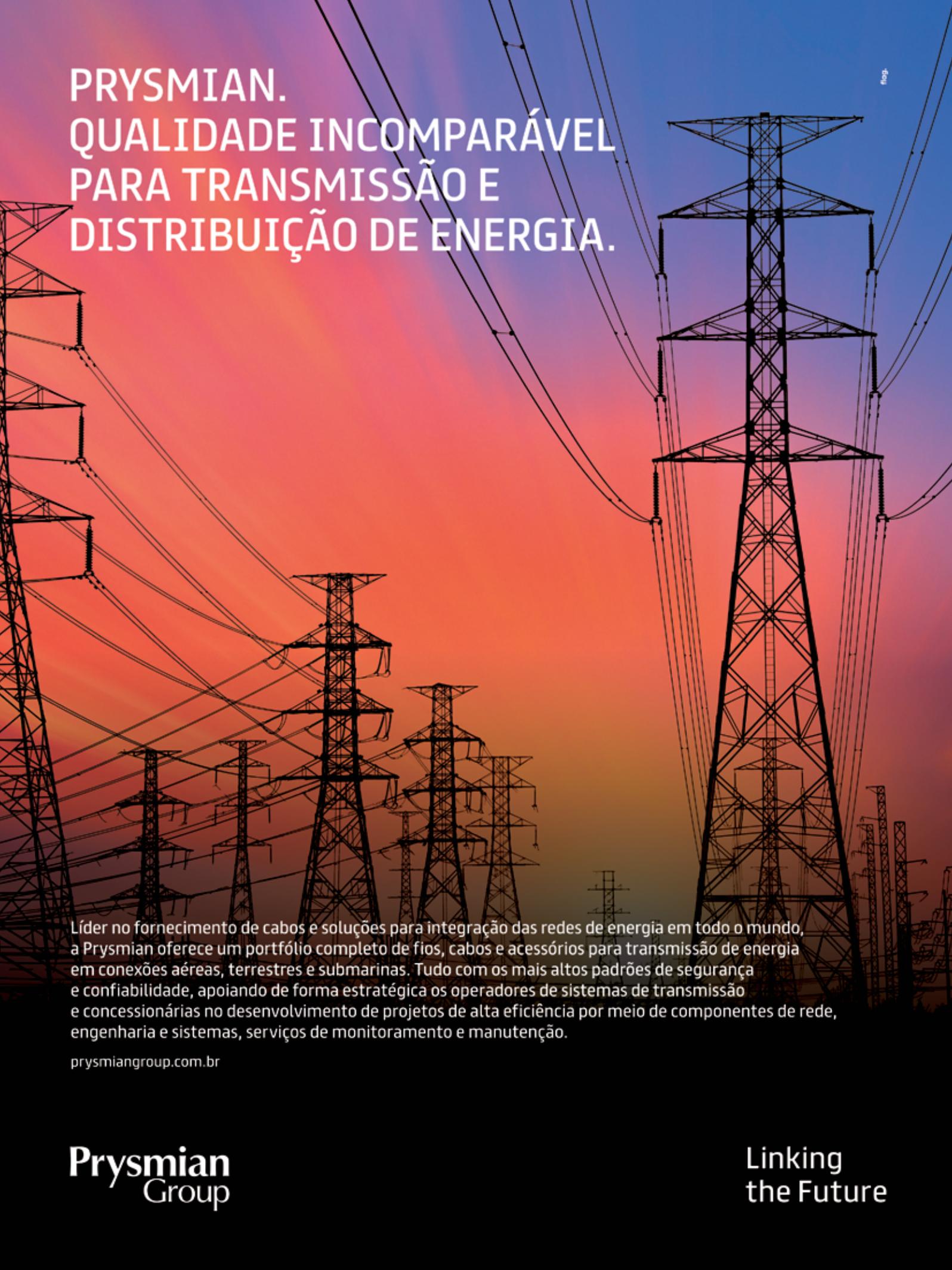
### CONCLUSÕES

A automação de subestações, ao permitir o conhecimento e o monitoramento de várias grandezas em tempo real, associada ao comando remoto dos equipamentos de uma ou várias instalações simultaneamente, traz incontáveis benefícios para as distribuidoras de energia e para a sociedade. Assim, recomenda-se fortemente o investimento de recurso das empresas para colher os benefícios associados ao tema.

*\*Felipe Resende de Carvalho Sousa é bacharel (2014), mestre (2017) e doutor (2021) em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Goiás. Atua na Enel Distribuição Goiás na manutenção de subestações e linhas de alta tensão.*

*Caio Huais é engenheiro de produção, pós-graduado em Engenharia Elétrica e Automação com MBA em engenharia de manutenção.*

*Atualmente, é gerente corporativo de manutenção de alta tensão no Grupo Equatorial Energia.*



PRYSMIAN.  
QUALIDADE INCOMPARÁVEL  
PARA TRANSMISSÃO E  
DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA.

Líder no fornecimento de cabos e soluções para integração das redes de energia em todo o mundo, a Prysmian oferece um portfólio completo de fios, cabos e acessórios para transmissão de energia em conexões aéreas, terrestres e submarinas. Tudo com os mais altos padrões de segurança e confiabilidade, apoiando de forma estratégica os operadores de sistemas de transmissão e concessionárias no desenvolvimento de projetos de alta eficiência por meio de componentes de rede, engenharia e sistemas, serviços de monitoramento e manutenção.

[prysmiangroup.com.br](http://prysmiangroup.com.br)

**Prysmian**  
Group

Linking  
the Future

# Segurança cibernética

Por Sérgio Sevilleanu e Rodrigo Leal\*

## Capítulo III

# Arquitetura da subestação segura

## Como implementar os requisitos dos padrões de segurança cibernética em sistemas de automação de energia

### INTRODUÇÃO

Os sistemas de automação de energia estão cada vez mais conectados e empregam um número crescente de elementos de hardware e software criados originalmente para uso em ambientes de TI (Tecnologia de Informação), incluindo equipamentos de rede, sistemas operacionais, protocolos de comunicação e até utilitários de software que são incorporados a produtos de automação. Se por um lado, a digitalização e as novas tecnologias abrem caminho para inovação e novas aplicações, elas também aumentam a exposição e a superfície de ataque cibernético destes sistemas, conforme foi dito no primeiro artigo deste fascículo.

Os crimes cibernéticos também têm aumentado em frequência e sofisticação. Atraídos por um mercado aparentemente rentável, organizações criminosas desenvolvem ferramentas para explorar vulnerabilidades em dispositivos e malwares que são introduzidos para efetivar os ataques. O sequestro de dados para cobrança de resgate (ransomware), o roubo de informações e a parada de sistemas (inclusive de automação) estão entre os principais alvos destas organizações.

Um caso recente chamou a atenção da comunidade de segurança devido ao seu amplo uso em produtos de IT e OT (Tecnologia da Operação): a vulnerabilidade batizada de Log4Shell (CVE-2021-44228), descoberta em um componente Java chamado Log4j. A divulgação pública desta vulnerabilidade aconteceu em 09/12/2021 e, poucos dias depois, ela recebeu uma classificação de gravidade CVSS 10 (a mais alta). Nos Estados Unidos, a diretora

da Cybersecurity and Infrastructure Security Agency (CISA), Jen Easterly, descreveu a exploração como "uma das mais sérias que já vi em toda a minha carreira, senão a mais séria". No dia 15/12/2021 as tentativas de exploração da vulnerabilidade Log4Shell em sistemas do governo e corporações alcançou um patamar de milhões por dia. Até que os patches fossem disponibilizados pelo desenvolvedor, a Apache, a vulnerabilidade era classificada como um ataque de dia-zero. No entanto, podemos esperar que muitos sistemas permanecem desatualizados e vulneráveis, alongando esta janela de vulnerabilidade. Dentre estes sistemas vulneráveis, certamente, há muitos sistemas de automação.

Este cenário acende uma luz de atenção nos governos – pelo fato de o sistema elétrico ser uma infraestrutura crítica, governos e agências regulatórias têm criado leis e requisitos para a adoção de políticas de segurança cibernética no setor elétrico. No caso do Brasil, o Operador Nacional do Setor Elétrico (ONS), em 1º de julho de 2021, criou a Rotina Operacional (RO) RO-CB.BR.01 - Controles mínimos de segurança cibernética para o Ambiente Regulado Cibernético (ARCiber) e a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) publicou a Resolução Normativa Aneel Nº 964, de 14 de dezembro de 2021, que dispõe sobre a política de segurança cibernética a ser adotada pelos agentes do setor de energia elétrica.

Se por um lado as leis e regulamentos dizem o que 'deve' ser feito, os padrões (como a IEC 62443) mostram 'como' fazer. Dada a diversidade de sistemas envolvidos na geração, transmissão, distribuição, comercialização e consumo, a adoção de padrões e normas internacionais garante que todos tenham mecanismos de

controle apropriados e suficientes para evitar e minimizar o impacto e o tempo de recuperação de um ataque cibernético. Os requisitos de segurança cibernética do setor elétrico no Brasil podem ser atendidos usando padrões internacionais, como a ISO/IEC 27019 (Gerenciamento de Segurança), a IEC 62443 (Segurança do Sistema), a IEC 62351 (Segurança na Comunicação) e regulamentos como o ARCiber (Ambiente Regulado Cibernético) no Brasil e o NERC-CIP (Critical Infrastructure Protection) nos Estados Unidos.

Uma política de segurança para redes de IT ou OT tem três pilares comuns e essenciais: pessoas, processos e tecnologia. Ela deve endereçar com a mesma profundidade cada um deles. Em outras palavras, a mera implementação de controles (tecnologia) sem a capacitação dos operadores (pessoas) ou a existência de uma gestão de incidentes (processos) pode resultar em vulnerabilidades que serão exploradas por crackers ('crackers' é o termo mais correto para descrever quem pratica o crime cibernético).

O objetivo deste artigo é explorar os dez principais controles de segurança dos padrões IEC 62443, IEC 62351 e do NERC-CIP para atender aos regulamentos brasileiros do setor elétrico para instalações de automação de energia:

- 1 - Segmentação da rede e proteção de borda com firewalls;
- 2 - Controle de acesso e gerenciamento de credenciais;
- 3 - Registro e monitoramento de segurança;
- 4 - Hardening do sistema;
- 5 - Backup e restauração;
- 6 - Gestão de vulnerabilidades;
- 7 - Proteção contra malware;
- 8 - Acesso remoto seguro;
- 9 - Sistema de Detecção de Intrusão (IDS);
- 10 - Tratamento de incidentes.

### ARQUITETURA TÍPICA DE UMA SUBESTAÇÃO

Para iniciarmos a abordagem do artigo é importante o leitor saber que um típico sistema de automação de energia consiste em relés de proteção, controladores de automação de subestação, computadores de interface homem-máquina (IHM), estações de trabalho de engenharia, equipamentos de rede e interfaces de comunicação para diferentes entidades externas. Essas interfaces externas são necessárias para comunicação com centros de controle ou para manutenção remota e para fins de diagnóstico.

A figura a seguir ilustra esta arquitetura e será utilizada como base para discutir uma arquitetura segura. Esta discussão é agnóstica de fabricante ou nível de tensão e pode servir como um modelo inicial para as empresas de energia.

**CABO**

**HIGH  
FLEX**

**300V**

**125 °C**

**É EXTRA FLEXÍVEL**

#### **Durabilidade para todo tipo de projeto.**

Ideal para Grupos Geradores, cabos de força de máquinas pesadas, chicotes de baterias automotivos, caminhões e implementos. Classe de encordoamento estrutura C, em conformidade com a ISO-6722-1.

**Alta resistência à abrasão**

**Classe térmica 125 °C**

**Possui ótima flexibilidade na aplicação**

EMPRESA CERTIFICADA  
**ISO 9001**

Condumax e Incesa

EMPRESA CERTIFICADA  
**ISO 14001**

Condumax

EMPRESA CERTIFICADA  
**IATF 16949**

Condumax

LIGUE E SOLICITE UM  
**ATENDIMENTO TÉCNICO**

**0800 701 3701**  
www.condumax.com.br

**Condumax**  
FIOS E CABOS ELÉTRICOS

**Incesa**  
COMPONENTES ELÉTRICOS

f CONDUMAX, INCESA  
E GRUPO CONDUMAX, INCESA

CONDUMAX, INCESA

CONDUMAX, INCESA  
E GRUPO CONDUMAX, INCESA

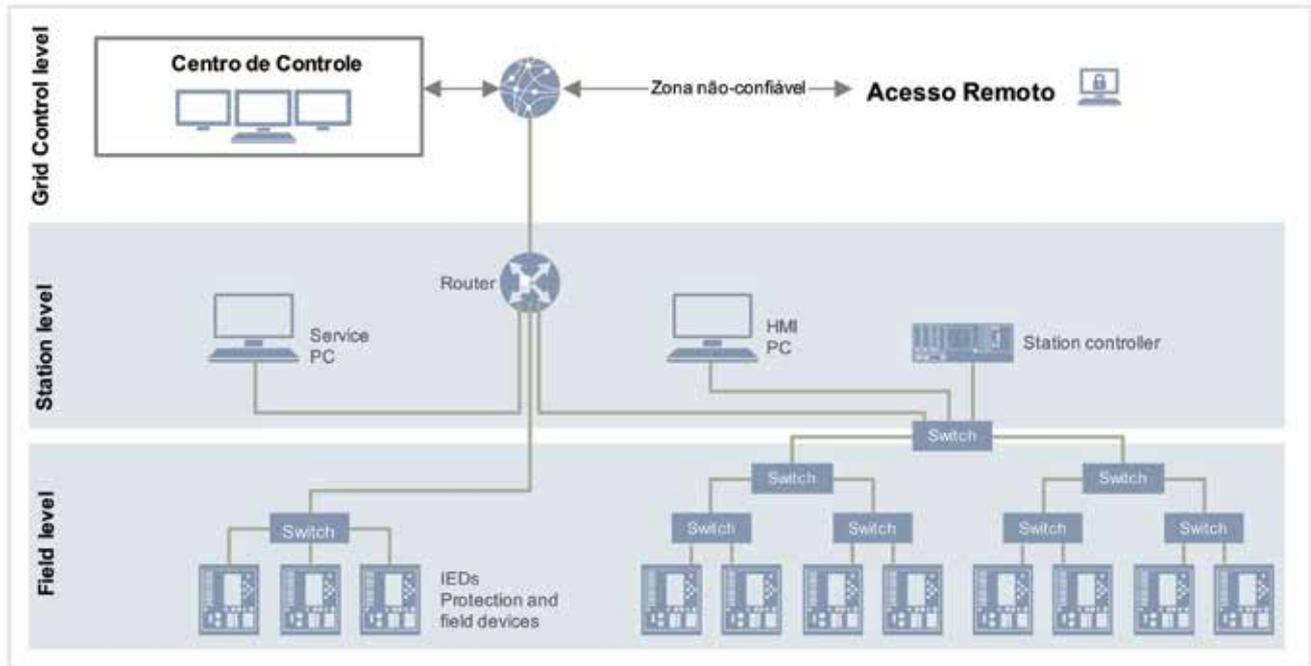


Figura 1 – Arquitetura típica de uma subestação.

## PRINCIPAIS DIRECIONADORES PARA SUBESTAÇÃO SEGURA

No caso do setor elétrico, os principais direcionadores para construir uma subestação segura são ter como guias as normas e padrões internacionais e, mais recentemente, as diretrizes do ONS e da Aneel. Não custa lembrar que as redes de OT prezam pela disponibilidade, integridade e confidencialidade, uma ordem bem diferente das redes de IT.

### Rotina Operacional do ARCiber e a REN 964 da Aneel

A Rotina Operacional RO-CB.BR.01 está dividida em seis blocos principais. Cada bloco descreve os controles que devem ser implementados.

- **Arquitetura:** segmentação da rede, uso de VPN (Virtual Private Network) e anti-malware;
- **Governança:** cria o papel do gestor responsável e a Política de Segurança Cibernética;
- **Inventário:** ciclo de 24 meses para inventariar os ativos;
- **Gestão de vulnerabilidades:** gestão de vulnerabilidades e atualizações de segurança;
- **Gestão de acessos:** gestão de identidades e credenciais privilegiadas;
- **Monitoramento e resposta a incidente:** compartilhamento de inteligência, notificação de incidentes e testes dos planos de segurança cibernética.

A Rotina Operacional do ARCiber requer a adoção destes controles apenas nos centros de controle e instalações que se comunicam diretamente com o ONS (além do próprio ONS), enquanto a Resolução

Normativa 964 da ANEEL expande a necessidade de adoção de padrões e políticas de segurança para todos os agentes do sistema elétrico e deixa claro que a segurança cibernética das instalações e a continuidade na prestação do serviço são responsabilidades dos agentes. Estes regulamentos determinam o que 'deve' ser feito, mas não detalham 'como' fazer, pois são regulamentos e não padrões normativos e cabe aos agentes definir os controles e as políticas que serão adotados.

A adoção de padrões tem muitas vantagens:

- Abertos;
- Ampla participação das partes interessadas;
- Uniformidade e consistência;
- Estado da arte;
- Relevância internacional;
- Alta aceitação.

### Padrões internacionais de segurança cibernética para o setor elétrico

Os principais padrões internacionais para segurança cibernética no setor elétrico são descritos a seguir:

- **IEC 62443:** endereça requisitos organizacionais e técnicos para os agentes, para os integradores dos sistemas e para os fornecedores de produtos. Este padrão permite o projeto de soluções de segurança para diferentes finalidades por meio de medidas de segurança de intensidade variável e possibilita a certificação de soluções e processos. A parte IEC 62443-2-4, por exemplo, estabelece requisitos para os fornecedores de sistemas (ex. guias de hardening, que são configurações para reduzir a superfície de ataque) e a parte 3-3 que estabelece controles de segurança para a instalação (ex. segmentação da rede de dados em zonas).
- **IEC 62351:** a IEC 62351 aborda a segurança dos protocolos de

comunicação, inclusive a IEC 61850. O foco está na proteção de ponta a ponta, levando em consideração políticas de segurança, processos e tecnologias para impedir efetivamente o acesso não autorizado ou a modificação das informações trocadas. Assim como a IEC 62443, esta norma endereça requisitos para os agentes, para os integradores dos sistemas e para os fornecedores de produtos.

- **NERC-CIP:** endereça requisitos apenas aos operadores do sistema e aplica-se aos agentes no Canadá e Estados Unidos, sendo, no entanto, utilizado como referência também em outros países.

### ARQUITETURA DA SUBESTAÇÃO SEGURA

A seguir vamos explorar brevemente como cada um dos controles de segurança é implementado em uma subestação segura. Estes controles têm como base os padrões descritos anteriormente e visam atender aos regulamentos do setor elétrico no Brasil. A Figura 2 apresenta a arquitetura de uma subestação segura, independentemente de fornecedor ou nível de tensão, e pode servir como um modelo inicial.

#### Segmentação da rede e proteção de borda com firewalls

A segmentação de rede em zonas confiáveis (1) cria barreiras para impedir a propagação de um ataque no sistema. A segmentação deve ser preferencialmente definida durante o projeto e ter pelo menos três zonas:

- **Zonas seguras ou confiáveis:** existe pelo menos uma, mas idealmente devem existir mais zonas. Dentro da zona confiável estão todas as funcionalidades de proteção e automação. Esta é uma zona protegida,

somente acessível através da DMZ. Adicionalmente, zonas seguras são úteis para proteger dispositivos legados com menos recursos de segurança e, neste caso, restringem ao máximo a conectividade com estes dispositivos (requisito 5.1.1 da RO do ARCiber).

- **DMZ (Demilitarized Zone ou Zona Desmilitarizada):** na DMZ ficam os elementos de gerenciamento e que fazem transferências de dados para a zona confiável (logs, patches). Toda a comunicação de entrada e saída é controlada por um firewall.

- **Zona não-confiável:** é uma parte exposta da rede (internet ou provedor do serviço de conectividade) e tipicamente separada da DMZ através de firewall.

O requisito para implementar a segmentação está no capítulo 4.1 da Rotina Operacional do ONS, que utiliza o modelo de Purdue como referência. A RO estabelece, pelo menos, três zonas de segurança: zona de Supervisão (nível 2 do modelo Purdue), zona DMZ (nível 3) e zona Corporativa (nível 4), que podem ser feitas fisicamente (diferentes portas) ou logicamente.

#### Controle de acesso e gerenciamento de credenciais

O controle de acesso (2) é a restrição seletiva de acesso a dispositivos, soluções ou infraestrutura, autenticando usuários (e sistemas) e concedendo as permissões apropriadas. O gerenciamento de credenciais é a definição de diferentes contas de usuário com privilégios adequados, preferencialmente executado de forma centralizada.

O padrão IEC 62351-8 estabelece a base para o controle de acesso, o RBAC (Role Based Access Control – Controle de Acesso baseado em

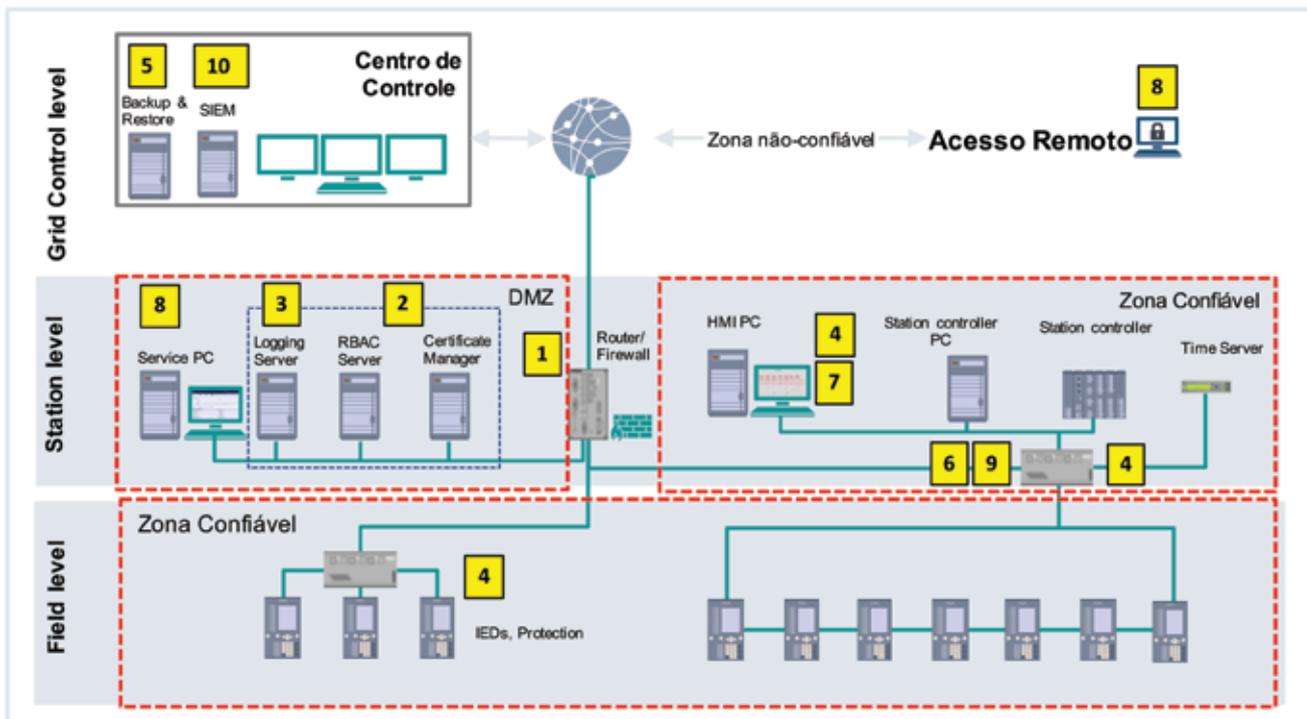


Figura 2 – Arquitetura da subestação segura.

Função), criando associações estáticas entre pessoas, funções, direitos (leitura/ escrita/ administração) e dispositivos. O servidor de RBAC se conecta a um sistema de gestão centralizada e garante a continuidade em caso de distúrbio na comunicação da subestação. Os requisitos de gerenciamento de acesso e credenciais fazem parte do capítulo 4.5 da RO ARCiber.

A autenticação de usuários usando MFA (Muti-Factor Authentication), em que o usuário aplica adicionalmente o código dinâmico de um token ou biometria para se autenticar, tem se mostrado muito importante para prevenir que credenciais roubadas sejam utilizadas. A MFA é citada como uma medida de segurança no capítulo 3 na RO do ARCiber. Uma forma interessante de implementar o MFA para acesso remoto é utilizar este recurso no Firewall que, por sua vez, está integrado ao servidor de RBAC.

A autenticação de dispositivos (estação de engenharia e relés) na rede pode utilizar RADIUS ou Certificados Digitais para criar conexões seguras utilizando TLS/SSL. A vantagem dos certificados digitais é que eles podem ser instalados pelo administrador do sistema em máquinas confiáveis e apenas estas podem se comunicar com os dispositivos (ex. relés).

#### **Registro e monitoramento de segurança**

Muitos dispositivos do sistema de automação de energia registram eventos de segurança e atividade (ex. tentativas de autenticação sucessivas) num log de segurança (ex. via Syslog). Estes registros são essenciais para monitorar, detectar e rastrear ataques cibernéticos. Estes logs são enviados para um sistema SIEM (Security Information and Event Management) (10) junto com logs do firewall (1) e do IDS (9) e ficam armazenados em um buffer local em caso de interrupção da comunicação (3).

O tempo de recuperação após uma tentativa de ataque pode ser muito reduzido se o agente conseguir rastrear o ataque identificando as redes e os dispositivos atacados. A RO ARCiber descreve este requisito no capítulo 4.6.1.

#### **Hardening do sistema**

O hardening (literalmente 'endurecimento') reduz a superfície de ataque dos produtos e soluções por meio de configuração segura (4) em computadores, switches, relés, etc. Isso é alcançado, por exemplo, pela remoção de software não utilizado, nomes de usuário ou logins desnecessários, desativação de portas não utilizadas ou proteção do sistema operacional. Desabilitar portas não utilizadas de switches, por exemplo, dificulta a conexão de um notebook infectado localmente. A desabilitação de partes de software não utilizadas reduz a capacidade de um cracker explorar vulnerabilidades dele.

O hardening trata apenas de configuração e é idealmente feito durante o projeto e o comissionamento do sistema. Fabricantes e integradores de sistemas devem desenvolver manuais documentando como fazer e documentar todo o hardening feito no projeto. A RO ARCiber descreve este requisito em 4.3.3.

#### **Backup e restauração**

O processo de backup e restauração (5) garante que todo o sistema possa ser restaurado depois de uma exclusão acidental ou corrupção dos dados, uma falha de hardware, um ataque de ransomware ou danos nas instalações devido a desastres naturais ou incêndios. O objetivo é restaurar o sistema para o momento anterior ao evento, por isso, dados de todos os dispositivos relevantes devem ser cobertos. O sistema de backup não é descrito explicitamente, mas é a base do plano de resposta e recuperação, conforme capítulo 4.6 da RO ARCiber.

Uma estratégia de backup eficiente começa com quatro perguntas:

- O que? Dados de aplicação, configuração e eventos;
- Quando? Cada tipo de dados muda com frequência diferente e pode estar associado a eventos. A frequência pode ser diária, mensal ou após determinados eventos;
- Como? Sistemas PC podem ter seu backup feito completamente. Já a configuração de dispositivos pode ser copiada através da base de dados de ferramentas de engenharia, por exemplo;
- Onde? Idealmente o backup deve ser feito em uma outra localidade e em um segmento de rede diferente.

#### **Gestão de vulnerabilidades**

O gerenciamento de vulnerabilidades de segurança inclui monitoramento de vulnerabilidades em todos os softwares e produtos que compõem um sistema, classificação das vulnerabilidades e patches disponíveis e testes de compatibilidade de patches de segurança.

A base para a gestão de vulnerabilidades é o inventário dos ativos de uma rede (RO ARCiber 4.3), incluindo todo software e hardware. Como as vulnerabilidades em produtos são documentadas em qualquer momento do seu ciclo de vida, este processo deve ser feito com a maior frequência possível. Os fabricantes divulgam em canais públicos as correções para vulnerabilidades em seus produtos, mas os agentes devem monitorar e classificar o risco sistêmico destas vulnerabilidades em seus próprios sistemas e programar as atualizações em janelas de manutenção.

Uma forma eficiente de fazer a gestão de vulnerabilidades é utilizando uma ferramenta de inventário automática, que pode ser instalada em um hardware específico ou dentro de um switch (6).

Os ataques de dia-zero acontecem no período entre a descoberta e a solução pelo fabricante de uma vulnerabilidade. No entanto, muitos ataques exploram vulnerabilidades antigas, fora da janela do dia-zero, devido à falta de um processo de gestão de vulnerabilidades.

#### **Proteção contra malware**

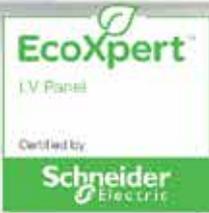
A proteção de sistemas baseados em PC é feita por meio de soluções apropriadas de proteção contra malware (7), como antivírus clássico, lista de permissões de aplicativos ou softwares que identificam malwares pelo seu comportamento (assinatura). Tão importante quanto fazer uso desses recursos, é mantê-los atualizados, uma vez que as novas ameaças surgem com frequência cada vez maior. A RO do ARCiber traz este



# ENGEREY

PAINÉIS ELÉTRICOS

## SOLUÇÃO COMPLETA PARA SUA INSTALAÇÃO ELÉTRICA



Schneider Electric

PrismaSet



SM6



Média Tensão SM6



QGBT Certificado PrismaSet



Banco de Capacitores



Quadro de Distribuição



CCM



Quadro de Automação



Data Center



Quadros de Tomadas

SOLUÇÃO COMPLETA PARA SUA INSTALAÇÃO ELÉTRICA



(41) 3022-3050

[www.engerey.com.br](http://www.engerey.com.br)

requisito no capítulo 4.1.

Particularmente nas redes de automação de energia, dois cuidados devem ser levados em conta: (i) a atualização dos utilitários de anti-malware não podem ser feitos diretamente através da internet e (ii) máquinas com versões antigas de sistema operacional podem não ter suporte a novos malwares e devem ser tratadas como exceção (capítulo 5.1 da RO ARCiber).

#### **Acesso remoto seguro**

Acesso remoto seguro no contexto de sistemas de automação de subestações é o acesso criptografado, autenticado e autorizado a ativos de subestação de sites remotos através de potencialmente não confiáveis redes. O acesso remoto apresenta grandes riscos de segurança, se não for adequadamente protegido.

O acesso remoto seguro deve seguir algumas recomendações básicas:

- Deve ser devidamente autenticado, preferencialmente usando MFA;
- O sistema de automação deve prever uma DMZ com firewall próprio, pois o firewall da rede corporativa protege a rede corporativa. Um crescente número de ataques se inicia na rede corporativa e depois migra para a rede operativa;
- O acesso remoto deve ser feito apenas em máquinas específicas, como a estação de engenharia (8), por exemplo, posicionadas na DMZ, evitando o acesso remoto direto a dispositivos como switches ou relés. Este requisito está presente no regulamento do NERC-CIP;
- Ferramentas de acesso remoto que permitem criar logs de atividade devem ser preferidas pois permitem auditar atividades suspeitas.

#### **Sistema de Detecção de Intrusão (IDS)**

Sistemas de detecção de intrusão (9) tipicamente monitoram o tráfego de redes industriais em tempo real buscando anomalias que podem estar associadas ou não a assinaturas de ameaças conhecidas. Este tipo de sistema é especialmente útil em redes de automação, que têm um padrão estático de comportamento, ou seja, mudam muito pouco.

As anomalias são alterações no padrão de funcionamento previamente conhecido e podem envolver novos dispositivos conectados, protocolos não utilizados, escaneamento de portas, tentativas de conexão à internet e mudanças no fluxo de comunicação.

Ferramentas de IDS modernas tipicamente ajudam também no inventário de ativos, gestão de vulnerabilidades, auditoria de riscos, mapeamento de fluxos de dados e protocolos industriais em uso.

#### **Tratamento de incidentes**

O tratamento de incidentes é o processo pelo qual uma organização lida e reage rapidamente a vulnerabilidades e incidentes, incluindo comunicação interna e externa, conforme requisitos do capítulo 4.4 da RO do ARCiber.

O processo de tratamento de incidentes usa informações dos logs de segurança e da gestão de vulnerabilidades para detectar, responder e recuperar um sistema e deve ser feito da forma mais rápida e segura possível. Um SIEM (10) é uma ferramenta crítica para auxiliar neste trabalho. Um estudo recente da IBM estima em 21 dias o tempo médio de recuperação de um ataque cibernético.

### **CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES**

O setor elétrico é uma das principais infraestruturas de um país, da qual todas as outras dependem para funcionar, sendo um serviço essencial para a sociedade.

Um ataque de proporções regionais no sistema elétrico pode deixar cidades inteiras no escuro e sem telecomunicações, por exemplo. Além disso, o sistema elétrico é essencialmente ciber-físico e as consequências de um ataque cibernético podem ir muito além da perda de dados ou de receita, colocando em risco a sociedade.

A implementação de uma política de segurança cibernética depende de pessoas, processos e tecnologia. A falta de um destes pilares representa um elo fraco de uma corrente que se quebra com facilidade e desperdiça o trabalho feito nos outros elos. A política de segurança de redes de operação (TO) é essencialmente diferente das redes corporativas (TI) nos seus objetivos e prioridades, mas que devem ter convergência na sua aplicação, monitoramento, execução e resposta a incidentes.

Finalmente, o estímulo regulatório precisa ser visto como um passo apenas, não como um objetivo final. A segurança cibernética precisa ser vista como um pilar para a continuidade do negócio. Assim como a segurança do trabalho foi incorporada à cultura das empresas, a segurança cibernética precisa estar na agenda de todos os líderes do agentes, especialmente os envolvidos na operação do sistema elétrico.

---

*\*Rodrigo Leal é graduado e mestre em engenharia elétrica. Possui MBA em Gestão de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) e curso de Gestão de Negócios da Era Digital pela Cesar School. Atualmente, cursa MBA Executivo de Negócios do Setor Elétrico pela FGV. Desde 2006 atua na Chesf, assessor do Diretor de Operação, coordenando vários processos da diretoria, incluindo os assuntos relativos à tecnologia operativa. Ocupa ainda a posição de vice-presidente do Conselho Diretor da UTC América Latina e Coordenador do Comitê de Tecnologia da Informação e Telecomunicações no Cigre-Brasil.*

*Sergio Sevilleanu é graduado em Engenharia Elétrica pela UNICAMP e pós-graduado em Administração de Empresas pela Fundação Getúlio Vargas. Tem mais de 20 anos de experiência em desenvolvimento de negócios nos mercados de telecomunicações, energia e infraestrutura, tendo atuado na sede da Siemens na Alemanha. Atualmente é responsável por desenvolvimento de negócios na Siemens com ênfase em conectividade e segurança cibernética. Faz parte das comissões de IoT e segurança cibernética da ABINEE, do grupo de trabalho de 5G do Cigre, membro do comitê de digitalização do Instituto Brasileiro do Petróleo e consultor do Fórum Brasileiro de IoT.*

# Renováveis

ENERGIAS COMPLEMENTARES

Ano 5 - Edição 61 / Abril de 2022



Atitude.editorial

## ARMAZENAMENTO DE ENERGIA:

Aplicações com foco em sistemas isolados

**GERAÇÃO DISTRIBUÍDA:** Segurança de sistemas solares fotovoltaicos para usuário e rede elétrica

**ENERGIA SOLAR:** Brasil avança no ranking mundial da fonte solar

**ENERGIA EÓLICA:** Ampliação do papel da energia eólica e do escopo de atuação da ABEEólica

APOIO





## FASCÍCULO ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

Por Markus Vlasits e Ricardo Ruther\*

38



# Capítulo III

## APLICAÇÕES DE ARMAZENAMENTO PARA O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO - FOCO EM SISTEMAS ISOLADOS

## 1) Aplicações prioritárias no âmbito do setor elétrico brasileiro (SEB)

No primeiro artigo deste fascículo (edição 184) destacamos os principais motivos pelo crescente uso de sistemas de armazenamento, entre eles, as políticas de descarbonização, cujo objetivo é elevar a participação de fontes renováveis na matriz elétrica global. Mencionamos que, em alguns países, como Estados Unidos, ou a China, a integração de fontes renováveis variáveis, como solar fotovoltaico ou eólica, exige a implantação de sistemas de armazenamento de grande porte. Mencionamos também que, em outros países, como a Alemanha, as regras de compensação de energia têm encorajado usuários a armazenarem seu excedente energético, em vez de disponibilizá-lo para a rede elétrica.

Evidentemente, estas considerações não se aplicam à realidade brasileira. Através das suas usinas hidrelétricas com reservatórios, o SEB dispõe de uma ampla 'bateria hídrica' que desempenha um papel fundamental para compensar não somente as variações de cargas sazonais, mas também a evolução da curva de carga ao longo do dia. Em relação à geração distribuída, o SEB dispõe de um novo marco legal e, apesar das dúvidas em relação à evolução futura das regras de compensação, nada indica que este novo marco legal incentive o uso de sistemas de armazenamento por usuários de sistemas de geração distribuída.

Diante destas colocações, há que se perguntar: quais serão as aplicações prioritárias de armazenamento capazes de agregar valor ao SEB? Recentemente, a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (Absolar) publicou um estudo ([https://mcusercontent.com/cc1f6a28297fa160b30bed073/files/0c9417d1-d927-f344-4d78-ab2c8a689ce4/Relat%C3%B3rio\\_Executivo\\_Estudo\\_de\\_Armazenamento.pdf](https://mcusercontent.com/cc1f6a28297fa160b30bed073/files/0c9417d1-d927-f344-4d78-ab2c8a689ce4/Relat%C3%B3rio_Executivo_Estudo_de_Armazenamento.pdf)) que analisa a viabilidade técnica e financeira das diferentes aplicações, agrupando-as em seis segmentos:

com/cc1f6a28297fa160b30bed073/files/0c9417d1-d927-f344-4d78-ab2c8a689ce4/Relat%C3%B3rio\_Executivo\_Estudo\_de\_Armazenamento.pdf) que analisa a viabilidade técnica e financeira das diferentes aplicações, agrupando-as em seis segmentos:

- 1) Sistemas isolados;
- 2) Sistemas voltados à otimização de consumo de usuários conectados a redes;
- 3) Redes de energia (transmissão e distribuição);
- 4) Serviços ancilares (regulação de frequência, suporte de reativos, reserva operacional);
- 5) Mercado de capacidade;
- 6) Mercado de energia.

Evidentemente, cada uma destas categorias exige topologias e tamanhos de sistemas distintos, além de apresentarem perfis de uso muito diferentes. Neste artigo, avaliamos o potencial e os desafios enfrentados por sistemas de armazenamento no âmbito de sistemas isolados. Em artigos futuros, serão avaliados os arranjos para os demais segmentos.

## 2) Particularidades de sistemas isolados

Segundo a definição da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), sistemas isolados são 'sistemas elétricos de serviço público de distribuição de energia elétrica, que não estão eletricamente conectados ao sistema interligado nacional (SIN), por razões técnicas ou econômicas'. A EPE contabiliza 251 localidades com um consumo total

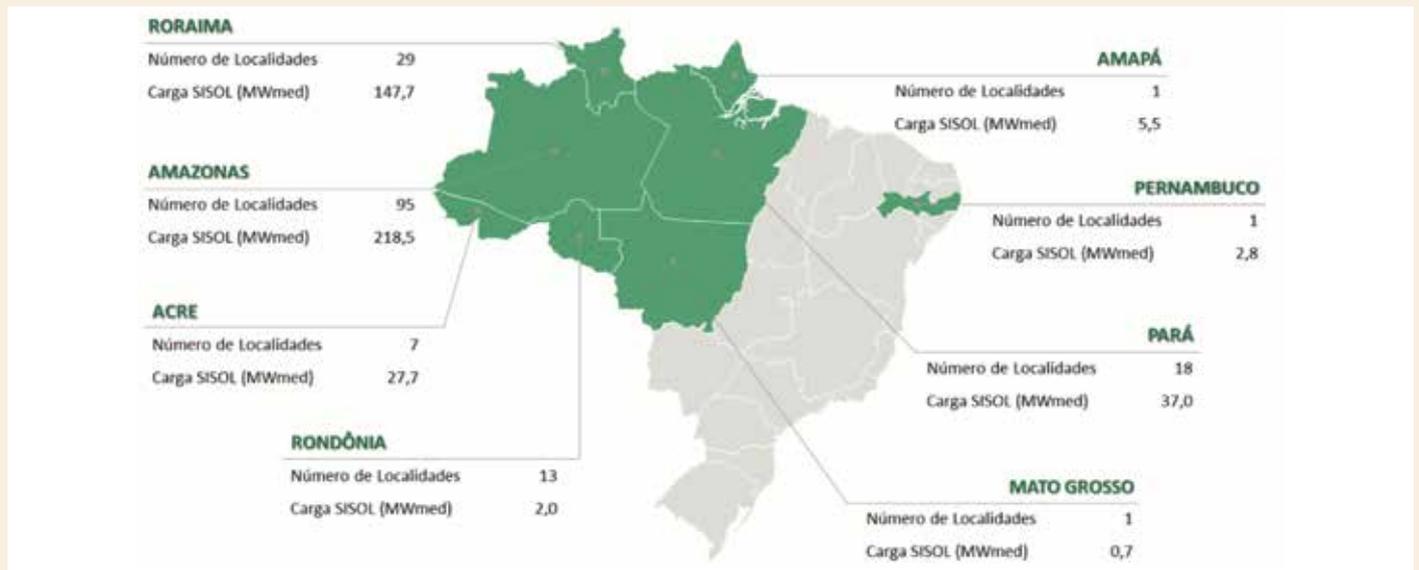


Figura 1 - Localização e carga média de sistemas isolados públicos. Fonte: ONS – Plano SISOL 2022.

de aproximadamente 4.000 GWh/ano, representando menos de 1% do consumo total brasileiro de energia elétrica. Adicionalmente, existe um número considerável de sistemas isolados operados por agentes privados, tais como grandes produtores rurais e empresas de mineração. A grande maioria destes sistemas isolados está localizada no Norte do Brasil.

Diferentemente do SIN, cuja energia é predominantemente renovável, a geração em sistemas isolados é predominantemente fóssil. Conforme as estatísticas disponibilizadas pelo Operador Nacional do Setor Elétrico (ONS), 95% da potência instalada em sistemas isolados públicos é de geradores à óleo Diesel e demais tipos de óleos combustíveis. O gás natural representa cerca de 4% da potência total, sendo o resto dividido entre biomassa e PCHs. Ao longo dos próximos anos, a participação de gás natural deverá aumentar, mas, diferentemente do SIN, a inserção de fontes renováveis vem avançando a passos lentos.

É importante destacar que esta geração termelétrica resulta em um elevado custo econômico e ambiental. Um gerador consome entre 240 e 280 litros de óleo diesel por MWh de energia elétrica gerada. Atualmente, o preço médio do óleo diesel ao consumidor na região Norte é de R\$ 6,80/litro. Usando este valor como referência, apenas o custo do combustível ficaria entre R\$ 1.600 a R\$ 1.900/MWh, sem levar em consideração despesas com a manutenção e o reparo dos geradores. Tendo em vista que estes valores são muito superiores às tarifas de energia cobradas aos consumidores finais, as distribuidoras da região Norte recebem um subsídio, chamado CCC (conta de consumo de combustível). Para o ano de 2021, o orçamento do CCC foi de R\$ 8,8 bilhões. Este subsídio faz parte da chamada CDE (conta de desenvolvimento energético). Para 2022, o orçamento da CDE deve aumentar em 28%, segundo estimativas da Aneel. É razoável supor que boa parte deste aumento é atribuível à CCC, já que o preço do óleo diesel aumentou em mais de 50% ao longo dos últimos 12 meses.



**Figura 2 - Evolução do preço médio de distribuição de óleo diesel na Região Norte. Fonte: ANP.**

Segundo dados do IEMA (Instituto de Energia e Meio Ambiente), a região Norte emite 34% dos gases de efeito estufa de todo o Brasil. Embora o desmatamento e a agropecuária sejam as principais fontes de CO<sub>2</sub> na região Norte, o setor de energia também tem uma contribuição relevante nas emissões de gases de efeito estufa daquela região.

Na hora de avaliar opções energéticas para sistemas isolados, é importante levar em consideração que a geração termelétrica de óleo diesel representa um elemento importante na economia regional. A comercialização do combustível representa uma importante fonte

de receita de ICMS para os governos estaduais. Adicionalmente, a distribuição de combustível e a manutenção dos geradores representa uma oportunidade de empregos em uma região caracterizada por escassez de oportunidades no mercado de trabalho. Também é importante observar que, em alguns casos, as concessões foram vencidas por consórcios formados por empresas de comercialização de combustíveis e empresas de venda e instalação de geradores, o que solidifica ainda mais o interesse em manter a atual matriz energética cara e poluente.

A crescente participação de gás natural reduz o custo de geração e o impacto ambiental da geração termelétrica, mas cria uma série de outros desafios, principalmente de caráter logístico. Neste sentido, a usina termelétrica Jaguatirica II, localizada em Boa Vista (RR), serve como exemplo interessante. Inaugurada em março deste ano com capacidade de cerca de 100 MW, esta usina poderia atender, em tese, até 70% do consumo de energia elétrica da região. Acontece que o gás consumido vem do Campo do Azulão, localizado perto do município de Itapiranga no estado do Amazonas, localizado a mais de 1.000 km de Boa Vista. O transporte do combustível é feito por caminhões que precisam percorrer a BR 174 que conecta Manaus com Boa Vista, atravessando a reserva indígena Waimiri Atroari, que fica fechada para o trânsito diariamente entre 18h e 06h.



**Figura 3 - Impressões da BR 174 perto do município de Rorainópolis, RO. Fonte: <https://folhabv.com.br>, 22/11/2021.**

### 3) O papel de sistemas de armazenamento na transição energética de sistemas isolados

Em princípio, a inserção de sistemas de armazenamento em sistemas isolados pode acontecer de duas formas – como elemento estabilizador em sistemas com geração puramente termelétrica, ou como complemento a fontes renováveis variáveis, como a geração solar FV ou eólica. Do ponto de vista técnico é possível substituir a geração termelétrica por completo. No entanto, do ponto de vista econômico, parece razoável manter uma certa parcela de geração termelétrica para momentos com pouca disponibilidade do recurso renovável, por exemplo, durante dias muito chuvosos.

Em primeiro lugar precisamos esclarecer qual fonte renovável melhor se adequa para a geração e substituição de geradores termelétricos. Neste contexto, as fontes a serem avaliadas de forma detalhada são solar FV, eólica e de biomassa. É verdade que a região amazônica ainda possui um grande potencial hidrelétrico ainda não explorado, no entanto, as experiências do passado, como, por exemplo, a construção da UHE Belo Monte, mostraram que a exploração desse

# CRESCIMENTO GAZQUEZ

para atender melhor você,  
**NOSSO CLIENTE!**



**EXPANSÃO/UNIDADE II**  
ATIBAIA / SEDE PRÓPRIA



**EXPANSÃO**  
**UNIDADE III/CENTRO**  
**DE DISTRIBUIÇÃO**  
ATIBAIA / SEDE PRÓPRIA



**CENTRO DE**  
**COMANDOS**  
AMPLIAÇÃO



**NOVOS**  
**EQUIPAMENTOS**  
TECNOLOGIA DE PONTA



**PCP-MECÂNICO**  
AMPLIAÇÃO



**NOVA SALA DE**  
**TREINAMENTO**



**LABORATÓRIO DE ENSAIO**  
**NOVO LABORATÓRIO**  
**DE ENSAIO**



**PCP-ELÉTRICO**  
PLANEJAMENTO



FAÇA PARTE DAS NOSSAS  
REDES SOCIAIS | ACESSE:



@GAZQUEZPAINÉISELÉTRICOS

(55 11) 3380-8080 /  
(55 11) 4210-4288



**NOVO SOFTWARE**  
**PARA PROJETOS**



**SISTEMA ELÉTRICO**  
**AUTO SUFICIENTE**  
MAIRIPORÃ/MATRIZ

**UM NOVO CONCEITO EM PAINÉIS ELÉTRICOS**  
[www.gazquez.com.br](http://www.gazquez.com.br)



potencial quase sempre resulta em obras de grande porte, com impactos ambientais e sociais profundos, e voltadas para 'exportação' de energia para outras regiões, e não para o atendimento da população local. Por estes motivos não será objeto deste artigo.

Os gráficos a seguir mostram o potencial solar e eólico na Amazônia.

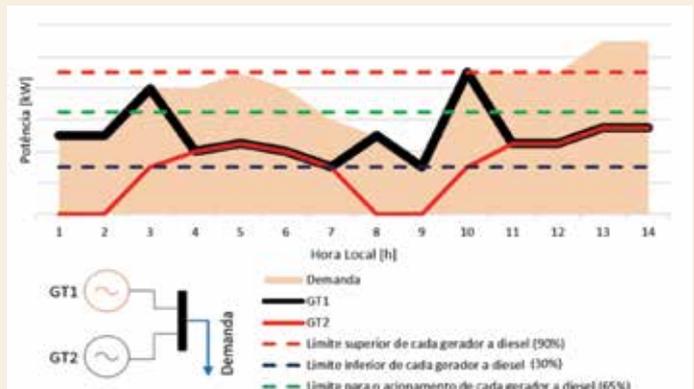


**Figura 4 - Disponibilidade de recursos solares e eólicos na região Norte vs. demais regiões do Brasil. Fontes: Atlas brasileiro de energia solar (Pereira et al., 2017) e Atlas do potencial eólico brasileiro (Adaptado pelo Ideal Estudos e Soluções Solares de Odilon Camargo do Amarante, 2001).**

Observa-se que a irradiação solar atinge valores médios em torno de 4.000 a 5.000 Wh/m<sup>2</sup>/dia, taxa comparável àquela na região sul do Brasil onde já existe um uso expressivo da fonte fotovoltaica no âmbito da geração distribuída. No entanto, a velocidade média anual de vento é muito menor do que em regiões que hoje fazem um bom aproveitamento desta fonte (litoral e interior do Nordeste e do Sul). Em 50 metros de altura estas regiões atingem velocidade superiores a 7,5 metros/segundo, enquanto na Amazônia são valores abaixo de 4,5 metros/segundo. Além da baixa disponibilidade, o melhor aproveitamento do recurso eólico exige instalações de grande porte, de múltiplos MW, o que, no contexto de sistemas isolados no Norte do país, nem sempre é possível ou economicamente viável. No caso da fonte solar, no entanto, uma instalação de pequeno porte em princípio pode atingir os mesmos índices de produtividade que uma usina de grande porte. A geração fotovoltaica é altamente modular, o que facilita o seu uso, tanto para sistemas de pequeno porte, como para realização de usinas. Em tese, existe uma abundante oferta de insumos de biomassa para a geração de energia elétrica na região Amazônica. No entanto, esta fonte enfrenta duas dificuldades. Embora existam projetos de manejo sustentável, em muitos casos, a biomassa é resultado de ações de desmatamentos ilegais. Evidentemente, não seria nada aconselhável incentivar essa atividade, que tanto degrada a Amazônia, através de projetos de aproveitamento de resíduos. Além disso, a disponibilidade em quantidades relevantes desta biomassa é restrita para lugares específicos, o que dificulta seu uso como fonte prioritária para a descarbonização de sistemas isolados. Diante do exposto é razoável concluir que embora existam várias fontes renováveis disponíveis, em muitas localidades na região Norte, a geração solar FV muito provavelmente será a fonte mais adequada para reduzir o uso de combustíveis fósseis para a geração de energia elétrica.

A operação de uma microrrede com geradores termoeletrônicos

precisa obedecer algumas restrições impostas pelo tipo de máquinas usadas, quase sempre tratando-se de motores a combustão. Estes geradores têm uma certa faixa de operação com um limite superior determinado pela potência máxima do motor e um limite inferior determinado pela sua rotação mínima. O consumo específico de combustível (litros de combustível por MWh de energia elétrica gerada) varia bastante dentro desta faixa, com o ponto ótimo em muitos casos ficando perto dos 80% da potência nominal do motor e caindo bruscamente para operação abaixo dos 50% da potência nominal. Neste contexto é importante lembrar que a curva de carga de uma microrrede nunca é estática. A demanda por energia elétrica varia ao longo do dia, e tipicamente tem um pico matinal, um afundamento perto do meio-dia, e outro pico no horário noturno. Para acompanhar esta variação de carga, os motores, às vezes, precisam operar longe do ponto ótimo de carga, aumentando assim o consumo específico de combustível. Em princípio, este problema pode ser minimizado, substituindo um gerador de grande porte por vários com potências menores. No entanto, esta fragmentação pode trazer outros desafios, como por exemplo maior complexidade para a manutenção e perdas de eficiência em momentos de carga constante (vários motores de pequeno ou médio porte operados de forma paralela são normalmente menos eficientes que um motor de grande porte). O gráfico a seguir mostra o regime operacional para uma microrrede térmica com dois motores.



**Figura 5 - Regime operacional de microrrede térmica com dois motores. Fonte: IESS (Ideal Estudos e Soluções Solares), 2021.**

Possivelmente, o primeiro passo rumo à descarbonização de sistemas isolados seria a combinação de um gerador termoeletrônico com uma fonte renovável, sem nenhum tipo de armazenamento de energia, também denominado como sistema híbrido passivo. Importante observar que a participação (nível de penetração) da geração renovável viável do ponto de vista técnico dependerá de vários fatores, tais como o formato da curva de carga, a variabilidade do recurso renovável e o nível de automação utilizado para realizar o balanceamento entre o gerador térmico e o renovável. Uma série de estudos foi realizada envolvendo sistemas passivos incluindo geradores a diesel e sistemas fotovoltaicos, com e sem automação. O gráfico a seguir mostra o nível máximo de penetração energética da geração FV para sistemas isolados com diferentes números de geradores termoeletrônicos.

# A NBR IEC 61439-1 é novidade para sua empresa?

## Para a nossa, não.

A KitFrame realizou o primeiro ensaio de acordo com a IEC 61439 em 2014, 2 anos antes da publicação da norma no Brasil. Desde então, realizamos dezenas de ensaios no Brasil e no exterior, como parte da estratégia de investir continuamente em pesquisa e desenvolvimento de produtos altamente competitivos.



## Conjunto testado SIELTT conforme IEC 61439-1&2 e IEC TR 61641



# KitFrame

electromechanical smart system

+55 11 4613-4555

www.kitframe.com

kitframe@kitframe.com

Kitframe do Brasil  
Eletro Industrial

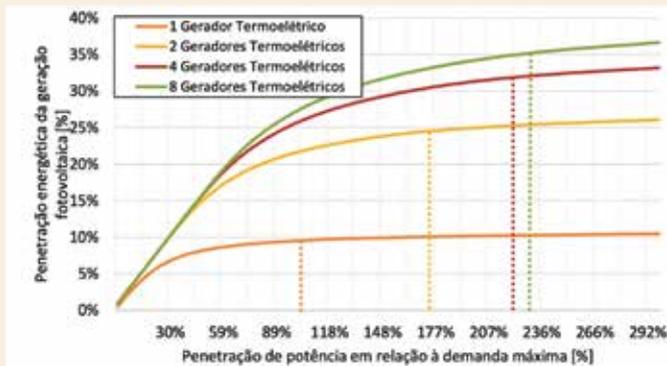


Figura 6 - Penetração energética da geração FV para arranjos com diferentes números de geradores termoelétricos. Fonte: IESS (Ideal Estudos e Soluções Solares), 2021.

Conforme pode ser constatado, a penetração máxima de energia renovável, no caso de um sistema passivo com um único gerador, é de apenas 10%. No entanto, a potência nominal do sistema fotovoltaico fica perto da demanda máxima da curva de carga, o que resulta em uma operação bastante ineficiente do gerador FV. Neste caso, apenas 26% do potencial da geração fotovoltaica é realmente transformado em energia elétrica. O resto é desperdiçado.

No caso de um sistema passivo com dois geradores termoelétricos, a penetração energética pode alcançar níveis próximos aos 25%. No entanto, seria preciso sobredimensionar o sistema FV em 75% (em relação à demanda máxima da curva de carga) e apenas 40% do potencial da geração FV seria aproveitado. E mesmo com 8 geradores, a penetração máxima da fonte FV ficaria limitada em valores próximos aos 35%, exigindo um sobredimensionamento de 236%. Fica evidente que este tipo de arranjo é pouco viável do ponto de vista técnico, além de proporcionar apenas uma redução modesta nas emissões de gases de efeito estufa.

Por sistema ativo entende-se um conjunto composto por um gerador de energia renovável, um sistema de armazenamento e um gerador termoelétrico utilizado como fonte de contingência. Neste arranjo, o excedente da geração fotovoltaica não será desperdiçado, mas será utilizado para carregar o sistema de armazenamento, o qual fornecerá energia durante as horas sem geração fotovoltaica, conforme pode ser visto no gráfico a seguir.

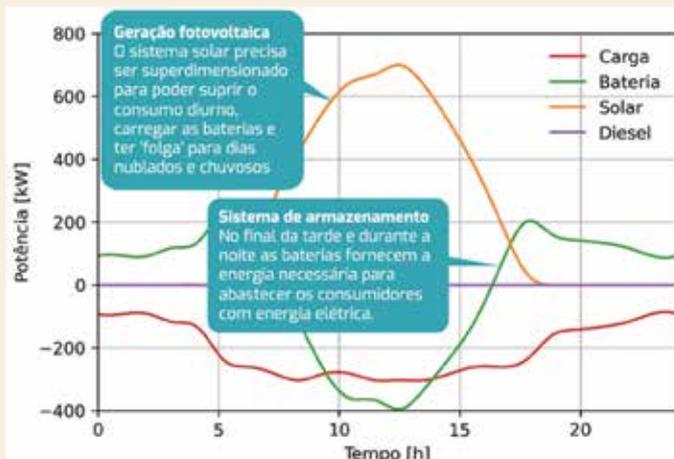
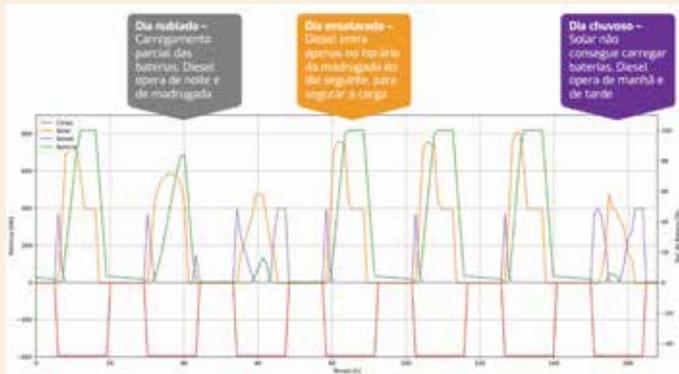


Figura 7 - Curva de carga vs. curva de geração para sistema ativo com armazenamento. Fonte: NewCharge, 2021.

A Figura 8 apresenta diferentes cenários de operação de um sistema ativo, em função de diferentes condições meteorológicas. Conforme pode ser visto, em dias muito chuvosos, a geração fotovoltaica pode ser insuficiente para carregar o banco de baterias, o que irá exigir um uso mais amplo do gerador termoelétrico. Em dias ensolarados, o sistema fotovoltaico geraria energia suficiente para segurar a carga durante a maior parte do dia e da noite, limitando o uso do gerador termoelétrico para alguns poucos momentos.



**Figura 8 - Diferentes cenários de despacho do gerador termoelétrico.**  
 Fonte: NewCharge, 2021.

É importante ressaltar que um sistema ativo pode ser dimensionado para tornar o gerador termoelétrico obsoleto e proporcionar um sistema isolado com 100% de geração renovável. No entanto, para atingir esta meta, seria necessário um sobredimensionamento expressivo, tanto para o gerador fotovoltaico, como para o sistema de armazenamento. Segundo análises realizadas para a região Norte do Brasil, o atendimento pleno exigiria um sistema fotovoltaico cuja potência nominal seria quatro vezes maior que a demanda máxima da curva de carga e um banco de baterias com autonomia de aproximadamente 65 horas. Sem dúvida esses arranjos ainda são inviáveis do ponto de vista econômico.

As análises realizadas pela NewCharge indicam que, com base nos atuais preços de óleo diesel (R\$ 6,80/litro na região Norte), a participação 'ótima' (do ponto de vista econômico) da geração renovável com armazenamento em sistemas isolados no norte do Brasil fica em torno de 50%. Levando em consideração as reduções no capex do sistema fotovoltaico e de armazenamento esperadas para os próximos anos, e um aumento do custo do óleo diesel, o ponto ótimo futuro da participação renovável poderá alcançar os 90%. Daí decorre a conclusão de que a descarbonização da Amazônia passa por um "phase in" da geração solar fotovoltaica simultâneo a um "phase out" da geração a diesel. Além disso, a substituição completa da geração fóssil na região depende de um novo vetor de energia (como por exemplo o hidrogênio verde obtido a partir da eletrólise da água utilizando energia solar) para substituir por completo a geração termelétrica com base fóssil.

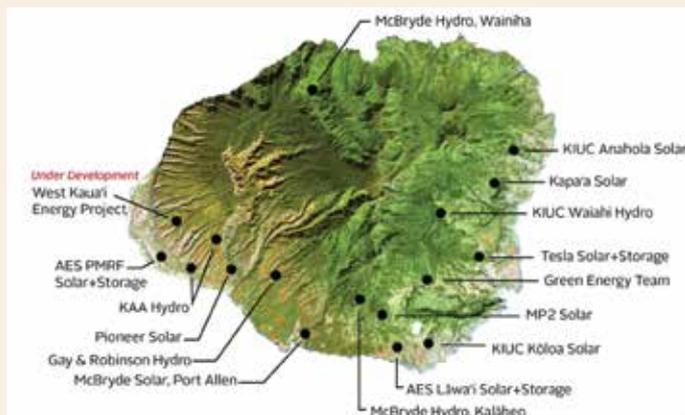
Como resultado das simulações em software dedicado para esse tipo de dimensionamento, apresentamos na tabela à esquerda da Figura 9 o resultado para sistemas no panorama atual (2022). Atualizando as considerações de capex e custo do combustível observamos a inserção maior da geração renovável e utilização do sistema de armazenamento.

### Estudos de caso

Kaua'i é uma ilha que faz parte do arquipélago de Havaí e fica a aproximadamente 120 km de Honolulu. Tem uma população de cerca de 70.000 habitantes e até recentemente sua energia elétrica era produzida por geradores a diesel. Com o combustível sendo importado, a ilha teve uma das tarifas de energia elétrica mais caras dos Estados Unidos. Ao longo dos últimos anos foram realizados diversos projetos de geração renovável e de armazenamento, incluindo uma planta FV com potência de 28 MW e capacidade de armazenamento de 100 MWh (AES Lawa'i Solar + Storage), e outra com potência FV de 13 MW e 52 MWh de armazenamento (Tesla Solar + Storage).

Otimização para menor incursão de Diesel			Otimização para menor incursão de Diesel		
Sistema	Total de Energia Entregue (kWh)	Participação	Sistema	Total de Energia Entregue (kWh)	Participação
GFV (MWh)	517,346.12	43.73%	GFV (MWh)	565,977.94	46.60%
GD	614,145.84	51.91%	GD	112,941.22	9.30%
GB	51,678.92	4.37%	GB	535,499.60	44.10%
Indicadores	TIR	%	Indicadores	TIR	%
	Payback			Payback	
	Excedente FV	-28.252%		Excedente FV	-65.079%
	Client Energy Price	R\$		Client Energy Price	R\$
	Economia Bruta/Ano	R\$		Economia Bruta/Ano	R\$
CAPEX	TMA	R\$	CAPEX	TMA	R\$
	SFV	-R\$		SFV	-R\$
	BESS	-R\$		BESS	-R\$
	Total	-R\$		Total	-R\$
Sistema	Tamanho	Unidade	Sistema	Tamanho	Unidade
GF	432.72	kWp	GF	972.64	kWp
BESS	221.00	kWh	BESS	1740.00	kWh

**Figura 9 - Cenários de dimensionamento para sistemas ativos.** Fonte: NewCharge, 2021.



**Figura 10 - Usinas renováveis e sistemas de armazenamento na ilha de Kauai. Fonte: Kauai Island Cooperative.**



**Figura 11 - Sistema isolado para irrigação no estado de Goiás. Fonte: Tesvolt.**

Para aumentar ainda mais a participação da energia renovável na matriz energética da ilha, será implantado um novo projeto composto por uma usina FV de 35 MW e duas usinas hidrelétricas reversíveis com capacidade total de 24 MW, que serão usadas como dispositivos de armazenamento de longa duração.

É sempre bom poder citar projetos pioneiros no Brasil. No âmbito dos sistemas isolados existe desde 2020 um sistema composto por um gerador FV de 773 kWp e um sistema de armazenamento de 307 kWh, fornecendo energia elétrica para uma fazenda de 1.400 hectares localizada perto do município de Quirinópolis no estado de Goiás. Embora a região pertença aos “trópicos centrais brasileiros”, com um verão úmido e chuvoso, também há um período seco de vários meses no inverno (de maio a setembro), durante o qual o produtor rural em questão não consegue cultivar. Segundo informações do integrador, este projeto teve um prazo de amortização inferior a três anos, porque, além de economizar com a queima de óleo diesel, permitiu aumentar a produtividade da fazenda.

### Pré-requisitos para a transição energética em sistemas isolados

O objetivo deste artigo foi de mostrar o potencial de fontes renováveis e sistemas de armazenamento no âmbito de sistemas isolados e deixar claro que a atual dependência de fontes fósseis não é mais uma necessidade técnica, mas sim resultado de políticas públicas e de interesses particulares. Evidentemente, a descarbonização dos sistemas isolados brasileiros exigirá uma série de iniciativas empresariais e políticas públicas para que ela se torne realidade.

Sistemas que atendem a cidades ou municípios são contratados através de leilões que proporcionam aos empreendedores contratos de curto (5 anos) a médio prazo (15 anos). Embora as regras dos certames permitam a participação de fontes renováveis e de sistemas de armazenamento, tais tecnologias ainda não foram contratadas, principalmente pela falta de conhecimento dos empreendedores acerca destas novas tecnologias. Faz-se necessária a disseminação desta informação na região e ao mesmo tempo a redução de custos

Conte com a HellermannTyton para um Painel Elétrico mais organizado e seguro.

MADE FOR REAL®



**HellermannTyton**

Conheça as Canaletas HelaDuct HD, ideais para o roteamento e proteção de cabos em instalações elétricas e quadros de comando.

A HellermannTyton disponibiliza quatro cores de canaletas fabricadas em PVC nos modelos Aberto, Semi-Aberto e Fechado. Além das canaletas fabricadas em PVC, também disponibilizamos opção livre de halogênio.



Para saber mais informações, aponte a câmera do seu Smartphone para o QRCode e baixe nosso folheto.

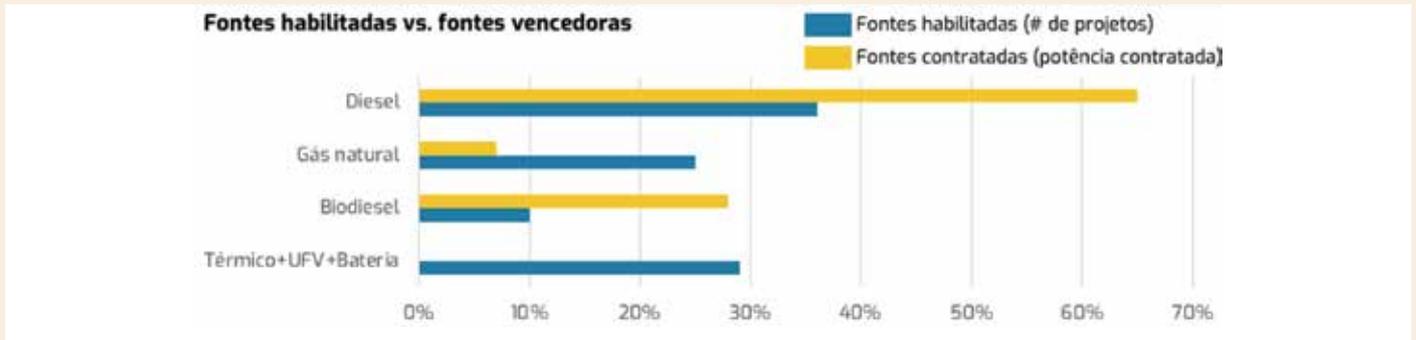


Figura 12 - Leilão de sistemas isolados 2021. Fonte: NewCharge a partir de dados da EPE e CCEE.

principalmente dos sistemas de armazenamento de energia em baterias de íons de lítio. A Figura 12 mostra as fontes habilitadas versus aquelas que foram efetivamente contratadas no último leilão de sistemas isolados de abril de 2021.

46 Existem vários motivos para a falta de contratação de fontes renováveis e de sistemas de baterias. Entre eles, os dois principais podem ser assim resumidos:

- Conforme as regras atuais, para conseguir um contrato de 15 anos, o sistema precisa ser 100% renovável e/ou usar a fonte de gás natural. Conforme mostramos, uma solução 100% renovável ainda esbarra na viabilidade econômica, enquanto a distribuição do gás natural é mais complexa e cara do que a distribuição do óleo diesel. Uma solução para esta situação é considerar como renováveis os projetos híbridos que exijam que a maior fração da geração anual seja realizada por fonte renovável;
- A precificação dos lances para geradores termoelétricos é feita com base em referências de preços históricos de combustíveis. As regras de contratação também contêm cláusulas de atualização do preço de combustíveis, permitindo que o agente gerador possa repassar o risco de um aumento futuro desses preços ao consumidor. No leilão do ano passado, geradores térmicos a óleo diesel foram contratados por R\$ 989 a 1.098/MWh, o que à primeira vista parece um valor bastante competitivo. Muito provavelmente, quando esses empreendimentos entrarem em operação, seu real custo de geração será significativamente mais alto, atingindo patamares que teriam inviabilizado a inclusão de fontes renováveis com recursos de armazenamento.

A elevada carga tributária representa outro desafio para o uso de sistemas de armazenamento, não somente no âmbito de sistemas isolados, mas em todo Brasil. Atualmente, a carga tributária incidente em sistemas de armazenamento importados é de quase 80%, enquanto o valor equivalente para sistemas de fabricação nacional é de 65%. Ambas as alíquotas são proibitivas – elas não somente inviabilizam muitos projetos, mas também reduzem a arrecadação da Receita, dado o baixo número de projetos que estão sendo realizados. As políticas

tributárias aplicáveis a sistemas de armazenamento ainda serão objeto de um artigo futuro deste fascículo.

### Conclusão

Ao longo deste artigo mostramos as oportunidades e barreiras para um crescente uso de fontes renováveis e de sistemas de armazenamento. Mostramos também que arranjos de 'sistemas ativos' conseguem conciliar estratégias de descarbonização com a racionalidade técnica e econômica. A adoção dessas novas tecnologias não acontecerá de forma espontânea ou automática, ainda mais porque a maior parte da capacidade de geração de sistemas isolados é contratada por leilões, cujas regras são definidas pelo governo federal. Consequentemente, a descarbonização dos sistemas isolados precisa tornar-se política de estado. Caso contrário, pouco progresso será feito.

*Markus Vlasits é fundador e diretor-sócio da NewCharge Projetos, uma empresa de engenharia e desenvolvimento focada em soluções de armazenamento de energia. Foi diretor comercial e co-fundador da Faro Energy e também diretor, e, posteriormente vice-presidente da Q-Cells SE na Alemanha, uma das principais produtoras de células e painéis fotovoltaicos. É conselheiro e coordenador do grupo de trabalho de armazenamento da Associação Brasileira de Energia Solar (ABSOLAR).*

*Ricardo Ruther é professor titular da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) com graduação em Engenharia Metalúrgica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS-1988), mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS-1991), doutorado em Electrical and Electronic Engineering - The University of Western Australia (UWA-1995) e pós-doutorado em Sistemas Solares Fotovoltaicos realizado no Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems na Alemanha (Fraunhofer ISE-1996) e na The University of Western Australia (UWA-2011). Atualmente é coordenador do Laboratório FOTOVOLTAICA/UFSC (Grupo de Pesquisa Estratégica em Energia Solar da Universidade Federal de Santa Catarina), diretor técnico do Instituto para o Desenvolvimento das Energias Alternativas na América Latina (IDEAL) e faz parte do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Energias Renováveis e Eficiência Energética na Amazônia (INCT-EREEA).*

Linha DPS

**Ecobox**

geração 6

Os Dispositivos de Proteção Contra Surtos da Linha DPS Ecobox foram desenvolvidos para proteger a instalação elétrica.



**EMBRASTEC**<sup>®</sup>  
Líder em Qualidade!



[www.embrastec.com.br](http://www.embrastec.com.br)



Por *Guilherme Crispim, presidente da Associação Brasileira de Geração Distribuída (ABGD)*



# Segurança de sistemas solares fotovoltaicos - uma relação com o usuário e com a rede elétrica que precisa ser cuidada

48

Números de abril indicam que 1,16 milhões de unidades consumidoras de energia elétrica já abastecem parte de sua demanda somente com a energia solar fotovoltaica contribuindo com 9,96 GW de capacidade instalada em 5470 municípios. Os benefícios da energia solar no telhado são enormes. Com os valores de investimento adequados o suficiente para competir com os preços de fontes convencionais, os impactos das mudanças climáticas em ascensão, as economias de energia e carbono facilmente calculadas e seu telhado provavelmente não utilizado, nunca houve um momento melhor para incorporar a energia solar.

A incrível característica da geração própria de energia elétrica se consolida de forma distribuída por quase todas as cidades do país mas traz consigo desafios relacionados ao tema segurança.

Quando olhamos uma usina solar podemos separar a sua relação entre dois personagens extremamente importantes: o primeiro é o consumidor final que recebe sua usina solar no seu telhado ou solo e interage fisicamente com os módulos solares, inversores e todo o ecossistema que interliga, transforma, gera e consome ou compartilha a energia elétrica.

Temos de pensar na segurança do usuário. O segundo e não menos importante é a rede elétrica de distribuição e transmissão que recebe, transporta e permite a todos os usuários compartilhar energia elétrica limpa que entra nas redes quando não são consumidas na hora que são produzidas. Temos de pensar na segurança da rede elétrica sob a ótica de confiabilidade sistêmica.

Nos últimos meses nosso time da ABGD vem interagindo com diversos agentes do mercado e lançará em parceria com o instituto TOTUM e INRI - Instituto de Redes Inteligentes (INRI) um órgão suplementar do Centro de Tecnologia (CT) da UFSM um programa setorial de qualidade complementar ao já existente no mercado buscando assegurar segurança intrínseca aos usuários e confiabilidade sistêmica junto ao ONS [Operador Nacional do Sistema] e às redes de distribuição.

Devido às práticas de instalação inconsistentes, intensa concorrência de fabricantes e motivos às vezes conflitantes entre fornecedores de operações e manutenção (O&M) e proprietários finais, o risco de incêndios em instalações de telhados é desconfortavelmente comum. Com base em uma amostra de centenas de inspeções de telhados em escala comercial realizadas

pela Clean Energy Associates (CEA) globalmente, mais de 90% dos telhados inspecionados apresentavam riscos significativos de segurança e incêndio.

O Programa Setorial de Qualidade ABGD vem sendo construído para aumentar a qualificação dos profissionais de instalação. Para 2022 prevê a cooperação com a corporação de corpo de bombeiros em todo Brasil através da oferta de cursos de capacitação e workshops sobre o tema. E mais do que isto, dentro do programa independente de certificação, os inversores serão ensaiados sob aspectos mais amplos e intrínsecos de segurança: os ensaios avaliarão proteção contra incidentes durante a instalação, proteção contra choque elétrico e proteção contra fogo e queimaduras.

As redes de distribuição e transmissão também são interfaces de altíssima importância quando se relacionam com os milhões de sistemas de geração própria e o tema segurança tem relação direta com a confiabilidade sistêmica.

A integração dos sistemas fotovoltaicos às redes nacionais pode reduzir as perdas nas linhas de transmissão e distribuição, aumentar a resiliência da rede, diminuir os custos de geração e reduzir os requisitos para investir

em nova capacidade de geração, mas deve-se construir este mercado importante acelerando e investindo na confiabilidade sistêmica dos inversores.

Antecipando a uma solicitação do ONS, o Programa Setorial de Qualidade ABGD também prevê ensaios importantes que aprimoram a relação dos inversores solares com a rede elétrica e lidam com a cada vez mais elevada taxa de penetração na rede.

Embora não haja um padrão literário sobre qual porcentagem de penetração fotovoltaica constitui uma alta penetração fotovoltaica, como regra geral, muitos trabalhos sugerem que, com penetração acima de 15%, os desafios das altas penetrações fotovoltaicas tornam-se perceptíveis. A natureza intermitente da saída fotovoltaica, sua falta de inércia como geradores síncronos, e a natureza do fluxo de potência unidirecional da rede de distribuição apresentam um grande desafio para níveis mais altos de penetração fotovoltaica. Estamos longe de 15% mas podemos antecipar, evitar problemas e ampliar os benefícios. A crescente penetração dos sistemas fotovoltaicos exige uma abordagem proativa para os cenários futuros e nosso time está buscando diálogos com todos e criando programas de cooperação ativos e eficazes.



Os painéis elétricos produzidos pela ZETTATECCK conferem e proporcionam aos Clientes e Usuários:  
SEGURANÇA: para os instaladores e mantenedores, atendimento aos requisitos da NR10;  
CONFIABILIDADE: painéis operando em missão crítica sem perdas de produção;  
DURABILIDADE: milhares de horas em operação sem falhas;  
EFICIÊNCIA: atende as necessidades de controle de processos industriais e realizam suas funções de segurança elétrica quando exigido. Possuem uma facilidade de manutenção, quando for necessário.

Painéis elétricos de automação . Painéis elétricos CCM . Painéis elétricos banco automático de capacitadores . Painéis elétricos de distribuição de energia . Painéis elétricos Pneumáticos . Quadros de Iluminação e tomadas



[zettatecck@zettatecck.com.br](mailto:zettatecck@zettatecck.com.br)



+55 19 3321.8400



[www.zettatecck.com.br](http://www.zettatecck.com.br)



**Rodrigo Sauaia**  
é presidente  
executivo da  
Absolar



**Ronaldo Koloszuk**  
é presidente  
do Conselho de  
Administração da  
Absolar



**Márcio Trannin** é vice-  
presidente do Conselho  
de Administração da  
ABSOLAR



## Brasil avança no ranking mundial da fonte solar

O protagonismo do Brasil no mercado internacional da fonte solar tem crescido exponencialmente nos últimos anos. Segundo apuração da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (Absolar), com base em dados atualizados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) e a recente publicação da Agência Internacional de Energias Renováveis (Irena), em 2021, o País assumiu a 4ª posição no ranking mundial dos países que mais instalaram energia solar no ano.

Os dados consideram a somatória das grandes usinas solares com os sistemas de geração própria de energia em telhados, fachadas e pequenos terrenos. O ranking, atualizado neste mês de abril, traz como base a potência existente no final de 2021. Contudo, recentes atualizações na base de dados disponibilizada pela Aneel apontam um aumento ainda maior da capacidade instalada em sistemas de geração própria de energia solar fotovoltaica acumulada até o final do ano passado.

De acordo com o mapeamento, a quarta colocação do Brasil é fruto dos 5,7 GW adicionados no ano de 2021. Ao analisar a capacidade total



acumulada da fonte solar, o Brasil subiu uma posição no ranking mundial e assumiu a 13ª colocação entre as nações no mundo. O Brasil encerrou 2021 com mais de 13,6 GW de potência operacional da fonte solar, segundo a ABSOLAR. O ranking é liderado pela China, com 306 GW, seguida pelos Estados Unidos (93 GW), Japão (74 GW), Alemanha (58 GW) e Índia (49 GW).

Atualmente, a fonte solar já ultrapassa a marca de 15 GW no Brasil, com mais de R\$ 78,5 bilhões de investimentos acumulados e mais de 450 mil empregos criados desde 2012. Com isso, também evitou a emissão de 20,8 milhões de toneladas de CO2 na geração de eletricidade.

Vale ressaltar que a solar fotovoltaica é a fonte renovável

mais competitiva do País, sendo uma forte locomotiva para o desenvolvimento sustentável, com geração de emprego e renda, atração de investimentos, diversificação da matriz elétrica e benefícios para todos os consumidores. Além de democrática e acessível, a energia solar é rápida de instalar e ajuda a aliviar o bolso dos consumidores, reduzindo em até 90% seus gastos com energia elétrica.

Já as usinas solares de grande porte geram eletricidade a preços até dez vezes menores do que as termelétricas fósseis emergenciais ou a energia elétrica importada de países vizinhos em 2021, duas das principais responsáveis pelo aumento tarifário sobre os consumidores nos últimos meses.

Embora os resultados

apresentados no ranking mundial sejam motivo de comemoração, o Brasil pode avançar mais, como feito para outras fontes renováveis. Nosso País já está posicionado entre os dez primeiros no acumulado das demais fontes renováveis, incluindo hídrica (2º lugar), biomassa (2º lugar) e eólica (6º lugar), e só na fonte solar que o País ainda não atingiu o TOP 10 no mundo. Contudo, temos totais condições de chegar lá em um horizonte de curto prazo. Neste sentido, se o Brasil ainda está atrasado na fonte solar, em comparação com outras renováveis, o avanço recente do mercado fotovoltaico mostra que há um oceano de oportunidades para quem quer trabalhar e empreender neste setor promissor em nosso País.



*Elbia Gannoum é presidente executiva da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica)*

## A ampliação do papel da energia eólica

A eólica, segunda fonte da matriz, já está consolidada e ficou para trás o período em que a eólica era “alternativa”. Com mais de 21 GW de capacidade instalada, a eólica é não apenas uma fonte segura com um espaço importante na matriz como tende a crescer ainda mais aliada à novas tecnologias.

E este crescimento, esta ampliação de atividades, já está acontecendo há alguns anos, de forma que vem se intensificando. Como fruto disso, no dia 14 de abril de 2022, a ABEEólica comunicou ao mercado, a seus associados e parceiros sua marca. Após ter recebido como associadas grandes empresas globais de eólica offshore, a ABEEólica passou a se chamar “Associação Brasileira de Energia Eólica e Novas Tecnologias”, oficializando, em sua marca, sua atuação para o desenvolvimento da eólica offshore no Brasil, assim como o interesse das suas associadas em novas tecnologias.

Esta nova marca representa um movimento que já estava em gestação há algum tempo, quando sentimos a necessidade de adaptar nossa imagem ao que estamos realizando no dia a dia. Como exemplo, cito que discutimos eólica offshore em



nossos eventos há mais de cinco anos e temos um Grupo de Trabalho dedicado ao assunto há cerca de quatro anos. Estivemos ativamente envolvidos em todas as discussões públicas que resultaram no Decreto Nº 10.946, um passo crucial para a segurança jurídica da eólica offshore.

Todo este trabalho com offshore é fruto do interesse do mercado e da evolução da tecnologia. Nos últimos anos, recebemos, como associadas, grandes empresas globais de offshore, como é o caso da Equinor, Ørsted, Ocean Winds, Total Energies, Qair, COP/CIP e Subsea7, dentre outras, e gigantes do setor de energia que estão investindo fortemente

em transição energética para fontes renováveis, por exemplo, a Shell. Além disso, entre nossas associadas, já temos grandes empresas que atuam em eólica offshore em outros países, como Vestas, GE, Siemens Gamesa, Neenergia, Engie, EDPR, entre outras. E, para completar, temos associadas que atuam hoje em Onshore e têm se movimentado agilmente para fazer parte da cadeia offshore, a exemplo da Aeris. Fizemos um levantamento e constatamos que cerca de 60% das nossas associadas ou são empresas exclusivas de eólica offshore ou já atuam em offshore em outros países e têm interesse no mercado brasileiro ou são empresas que estão se preparando para participar desta

nova cadeia produtiva – e isso inclui tanto empresas geradoras, como fornecedoras para a cadeia produtiva.

Considerando tudo isso, era apenas uma questão de tempo até que nosso logotipo refletisse o que já somos na prática: uma associação que cuida de eólica onshore e offshore. E, para finalizar, junto com esta mudança, resolvemos incluir também ‘novas tecnologias’ em nossa marca, porque temos visto uma grande complementaridade no desenvolvimento da offshore com o hidrogênio verde e sistemas de armazenamento e queremos atuar de forma muito próxima às outras associações que já cuidam exclusivamente dessas novas tecnologias.



Daniel Gil Lúcio é graduado em Engenharia Elétrica, com MBA em Eficiência Energética e Energias Renováveis e em Gestão de Negócios, Controladoria e Finanças Corporativas. Atualmente, é Gerente de Regulação Técnica da Geração na CPFL Renováveis.

# INSERÇÃO DO HIDROGÊNIO VERDE NO MERCADO BRASILEIRO DE ENERGIA ELÉTRICA



## Resumo

O setor elétrico brasileiro vem sofrendo, desde o final do século XIX, mudanças regulatórias e de mercado, buscando a garantia de suprimento, a confiabilidade do sistema, o incentivo à livre competição de mercado e, mais recentemente, a descarbonização de alguns setores, em linha com o movimento global para soluções que diminuam as emissões

de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Diante deste cenário, a busca e o investimento em novas tecnologias têm aumentado nos últimos anos, como é o caso, mais recentemente, do hidrogênio verde, geração do hidrogênio através de fontes renováveis eólica e solar. Este documento tem como objetivo apresentar as principais características do hidrogênio e seu mercado, junto com as recentes discussões

para o desenvolvimento de hidrogênio verde na matriz do Setor Elétrico Brasileiro (SEB). Serão apresentados os riscos e oportunidades, medidas que o governo tem adotado para abrir o mercado nos próximos anos, através de documentos governamentais e do Programa Nacional do Hidrogênio (PNH<sub>2</sub>), e apresentado o conceito de Custo Nivelado de Hidrogênio (LCOH - Levelized Cost of Hydrogen).

## Introdução

O hidrogênio (H2) não é novidade para o mercado brasileiro, visto que o assunto já estava na pauta do Ministério de Minas e Energia (MME) desde 1995, de acordo com o Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2). Em 1998, o Centro Nacional de Referência em Energia do Hidrogênio (CENEH) foi implantado, sendo este o primeiro marco na história do H2 no Brasil. Em 2003, o Brasil atravessou a fronteira internacional tornando-se membro da Parceria Internacional para Hidrogênio e Células a Combustível na Economia – IPHE1 (International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy), com o intuito de trocar informações e experiências governamentais, industriais e acadêmicas, trazendo como resultado, dois anos depois, a publicação do “Roteiro para a Estruturação da Economia do Hidrogênio no Brasil”, que apresentou as metas para os próximos 20 anos.

Em 2015, diversos países se comprometeram e anunciaram seus planos para alcançar o NetZero 2050 (Acordo de Paris), o que significa que devem chegar, até 2050, no patamar zero de emissões de CO2. Junto com estes planos, setores inteiros tendem a passar por transformações radicais nas suas atividades econômicas, com o intuito de reduzir drasticamente suas emissões. Dentre as atividades econômicas, podemos citar reflexos nos segmentos do SEB, como a produção, o transporte e o consumo de energia. A Agência Internacional de Energia (IEA) estima que até o ano de 2050 cerca de 90% da produção de energia no mundo deverá ser proveniente de fontes renováveis e que, deste percentual, 70% terá a participação das fontes eólica e solar, fator importantíssimo para o desenvolvimento e aumento da participação do H2 verde na matriz elétrica mundial até 2050.

Em 2020 o governo publicou o Plano Nacional de Energia 2050 (PNE

2050), apontando o H2 como sendo uma das tecnologias disruptivas e o elemento principal e de grande interesse no processo da descarbonização da matriz energética, expondo seus usos e aplicações e trazendo recomendações para a política energética do País. Com todo este cenário, em 2021, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) publicou as “Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio”, abordando o panorama do mercado, rotas tecnológicas, custos, desafios, o papel do H2 na transição energética e, por fim, as implicações para as políticas públicas. Também em 2021 o CNPE publicou duas resoluções, Resolução CNPE nº 2 de 2021 e a Resolução CNPE nº 6 de 2021, trazendo implicações positivas para o desenvolvimento do H2 no País.

De acordo com o PNH2, o desenvolvimento do H2 Verde se estrutura em seis eixos principais, mostrando que a governança tem um papel fundamental no desenvolvimento e atratividade no País.

## O hidrogênio verde

O elemento químico mais abundante na natureza é o Hidrogênio (H2), entretanto, sua obtenção só pode ser feita a partir de processos químicos que envolvem outros elementos. Os procedimentos mais comuns são realizados por meio de combustíveis fósseis, conhecidos como hidrogênio cinza, haja vista as emissões de CO2 resultantes destes processos.

Assim, ao utilizar, no lugar dos combustíveis fósseis, sistemas com fontes renováveis durante a realização destes processos químicos, tem-se como resultado um processo com emissão de CO2 quase nula (em sua cadeia), gerando uma produção energética mais sustentável e conhecida como Hidrogênio Verde (H2 Verde). Estas produções podem ser realizadas de diversas maneiras, sendo a

mais usual a que envolve a eletrólise da água, ou seja, resultado da separação das moléculas da água (H2O), por meio de uma corrente elétrica, em moléculas de hidrogênio (H2) e oxigênio (O2).

## Mercado atual

Inúmeros fóruns e discussões no mercado mostram que o mercado de H2 encontra-se estável e atualmente possui inúmeras aplicações, podendo citar desde aplicações industriais até aplicações que contribuem para o suporte à vida:

- Aplicações industriais: I) fertilizantes (Amônia); II) vidreira; III) laboratórios químico e farmacêutico; IV) decomposição de vapor químico para diamantes; e V) aço;
- Setor energético: I) procedimentos térmicos; e II) armazenamento e abastecimento (combustíveis); e
- Suporte de vida: hospitais e ambulâncias.

Atualmente, os países buscam reduzir suas emissões de carbono, levando em consideração: 1) Garantia do suprimento energético; 2) Energia limpa; 3) Preço acessível; e 4) Descarbonização.

Neste cenário, uma vez que o Brasil é referência em energias renováveis, o processo de geração do H2 Verde (baixo carbono) torna-se bastante competitivo no setor. Outros fatores que favorecem o cenário para o H2 Verde são as projeções de redução dos custos das tecnologias renováveis para os próximos anos (eólica e solar) e os portos do Rio de Janeiro, Pernambuco e Ceará (Porto do Pecém), com rotas marítimas extremamente estratégicas, como o Canal de Roterdã, Argentina e Equador.

## OPORTUNIDADES

Além de todos os setores já mencionados, observam-se, ainda, oportunidades nos setores:

- 1) Transporte e mobilidade: produção do combustível e posto de abastecimento (indústrias, rodovias, portos e aeroportos);
- 2) Residencial: soluções com aquecimento térmico, abastecimento de veículos de passeio e armazenamento de energia dentro de casas inteligentes;
- 3) Certificações: padronização das certificações existentes com normas internacionais;
- 4) Importação: I) redução da importação de insumos produzidos a partir do H2; e II) redução da importação de amônia para fertilizantes.

No setor portuário, tem-se propostas de aplicações para a utilização do futuro Hub de H2 no Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP), visto que empresas estão negociando e assinando memorandos de entendimento com o governo do Ceará para produção de H2 Verde no local. Sabe-se que até o momento pelo menos 12 empresas já assinaram o memorando de Hidrogênio com o Ceará, como a ENEGIX Energy; White Martins/Linde; Qair; Fortescue; Neenergia; Eneva; Diferencial; Hytron; H2Helium; Engie; Transhydrogen Alliance; e EDP. Prevê-se, também, que Vibra e Brasil BioFuels (BBF) firmem contrato de compra e venda de diesel verde, também conhecido como HVO, que será fornecido pela primeira biorrefinaria para produção de HVO no Brasil. A Vibra (antiga BR Distribuidora) é a maior distribuidora de combustíveis do país.

No setor de energia, existe a possibilidade de novos benefícios como a possibilidade de redução de impostos federais e/ou estaduais como o PIS/COFINS e ICMS, programas nacionais (REIDI) e IPI, este devido a diminuição da necessidade de importação de produtos importados.

### Riscos

Embora as discussões a respeito

do tema, junto com o aumento dos investimentos no setor, proporcionam um ambiente mais competitivo, o custo se caracteriza como um dos principais desafios à produção do H2 Verde em toda a cadeia deste processo, desde a matéria-prima até o custo de venda do próprio produto. Nesta vertente, o financiamento é um ponto extremamente sensível, pois, dado que o setor ainda está em fase de desenvolvimento por parte do Estado (regulamentação e políticas públicas para incentivos), os modelos de contratos têm que ser muito bem desenhados e atrativos para que favoreçam o desenvolvimento e proporcionem a financiabilidade dos projetos.

Além dos preços e do desenvolvimento regional de políticas públicas, outro ponto de atenção é o transporte do produto, dado que, mesmo que seja possível o armazenamento e transporte do H2, sem os devidos cuidados, este se torna extremamente sensível, podendo gerar emissões de carbono durante essas etapas. Soluções como transformar o H2 em metanol já estão sendo estudadas para conseguir facilitar o processo de transporte.

Outros riscos que podemos citar são:

- 1) Infraestrutura: i) Água (H2O): Grande demanda de recursos hídricos; e ii) Sistema de transmissão: malha de transmissão que suporte toda a demanda disponível de H2 prevista;
- 2) Tecnologia: i) Desenvolvimento/avanço das tecnologias existentes; e ii) Necessidade de aumentar o fator de capacidade dos eletrolisadores, que hoje está em torno de 65%; e
- 3) Logística: i) Investimento em novos postos de abastecimentos próximos aos portos hoje existentes.

Assim, a influência e o poder de decisão do estado se tornam essenciais para o desenvolvimento da cadeia de

produção do H2 Verde, visto que este é o sinal primordial para que o mercado e indústria invistam nesse setor.

### Influência do Estado (importância da governança)

Apesar de as perspectivas serem favoráveis ao desenvolvimento do hidrogênio verde, a trajetória de competitividade e o real comprometimento das políticas energéticas em relação ao H2 ainda estão muito embrionários. Neste sentido, o governo local precisa dar um sinal muito claro e forte ao mercado, apresentando políticas de incentivo bem desenhadas e "roadmaps" bem fundamentados para que gere um cenário em que a expansão inicial necessária garanta ganhos de escala conquistando os empreendedores locais e estrangeiros.

O PNH2 mostra que o governo pretende focar em:

- 1) Fortalecer das bases científico-tecnológicas;
- 2) Capacitar recursos humanos públicos e privados;
- 3) Planejamento energético;
- 4) Adaptar o arcabouço regulatório vigente com as normas internacionais;
- 5) Abertura e crescimento do mercado e competitividade;
- 6) Cooperação internacional.

Nesse sentido, o desenvolvimento em conjunto com a regulação internacional ajuda a reduzir as especificidades locais e aumenta a padronização internacional do H2, como, por exemplo, o uso de combustíveis para o setor de aviação.

### Custo nivelado de hidrogênio (LCOH - Levelized Cost of Hydrogen)

Estudos dizem que o H2 Verde somente terá um preço competitivo a partir de 2030 e que o discurso se parece

muito com a época em que se discutia a inserção de eólica e solar na matriz, porém, o que se verificou na prática foi uma explosão de empreendimentos e desenvolvimento tecnológico eólico e solar nos últimos anos, inclusive antecipando as projeções passadas. Deste modo, cenário semelhante pode se repetir com o desenvolvimento do H2 Verde no Brasil.

Com todas estas variáveis de oportunidades, riscos e incertezas, tanto técnicas quanto político regulatórias, o mercado necessita de ferramentas para conseguir analisar todas estas informações de forma adequada. Os custos nivelados são indicadores eficazes para a avaliação da eficiência econômica e competitividade da tecnologia visto que permitem avaliar de forma quantitativa a viabilidade econômica de uma determinada tecnologia, e são usados frequentemente como indicador de competitividade de diferentes tecnologias nos segmentos de geração de energia.

Muito semelhante ao conceito do custo nivelado de energia (LCOE - Levelized Cost of Energy), o conceito de LCOH refere-se ao custo de produção de H2 por unidade, fornecendo como resultado indicadores eficazes para a medição da economia e a competitividade dos diferentes processos de produção conforme já apresentados anteriormente. O ponto de equilíbrio deste indicador é exatamente quando o investidor não auferir lucro ou prejuízo com o projeto

de investimento, ou seja, o preço de mercado do H2 será igual ao custo médio de produção ao longo da vida do projeto.

Para calcular o real custo do hidrogênio deve-se levar em conta alguns fatores que se tornam primordiais na fórmula do LCOH, que são os custos da energia renovável, este sendo um dos fatores mais impactantes no preço, o CAPEX anual do eletrolisador, o número de horas em operação deste processo, a eficiência do eletrolisador e as possíveis receitas advindas deste processo, como, por exemplo, as receitas resultantes de contratos de O2 que contribuem fortemente para a redução do custo final do H2 Verde.

A equação abaixo mostra a formulação do custo do hidrogênio considerando possíveis receitas de O2:

A equação apresenta o custo do H2 Verde ao parametrizarmos algumas variáveis, mostrando que a receita de O2 tem impacto direto no custo final do produto.

## Conclusão

Existem diversas novas oportunidades no mercado quando falamos de H2 Verde, além das que já são atacadas atualmente pelo H2 convencional, porém, existem elementos-chaves que são imprescindíveis para que se desenvolva no mercado brasileiro, como o aumento da competitividade do H2 verde, o avanço tecnológico, a correta precificação do carbono emitido, o incentivo de políticas públicas e a oportunidade de receita

adicionais, como as receitas dos contratos de O2. Assim, percebe-se que, a curto prazo (1 a 2 anos), provavelmente, o H2 Verde não irá expandir de tal forma que consiga atacar as novas oportunidades apresentadas, visto que demandará muita proatividade do governo e um enorme apetite e confiança dos investidores e agentes, muito por conta do seu custo elevado, além da necessidade de melhor infraestrutura e projeção de escala limitada para a nova tecnologia quando comparadas com as alternativas convencionais.

Tem-se os "roadmaps" e estratégias nacionais, feita por diversos países, como fonte de informação estratégica, fazendo com que se tornem necessários para conseguir capturar uma visão de médio e longo prazo para o H2 Verde. Coordenar e interpretar corretamente as estratégias desses "stakeholders" é outra função essencial que está sob o controle do governo para atingir os objetivos já preestabelecidos.

Mesmo com todos os pontos de atenção e riscos, as oportunidades apresentadas fazem com que os investidores busquem formas alternativas de investir neste mercado e pressionando o governo para uma rápida movimentação de políticas e regulamentações robustas, em linha com regras internacionais, gerando um cenário com boas práticas de mercado e mitigando o risco para todos os agentes do setor.

Confira a versão completa e detalhada deste artigo em [www.osestoreletrico.com.br](http://www.osestoreletrico.com.br)

$$\text{Custo } H_2 \left( \frac{R\$}{Kg} \right) = \left( \frac{ELCTR \left( \frac{R\$}{MWh} \right)}{1000} + \frac{CAPEX \left( \frac{R\$}{kW} \right)}{10 \text{ anos}} * \frac{1}{HOA \left( \frac{h}{Ano} \right)} \right) * \frac{33,33 \left( \frac{kWh}{kg} \right)}{EIE} - \text{Receita } O_2 \left( \frac{R\$}{kg} \right) * 8 \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que:

ELCTR (R\$/MWh)	- Custo da energia renovável
CAPEX (R\$/kW)	- Custo da compra do eletrolisador
HOA (h/Ano)	- Horas de operação por ano
EIE	- Eficiência do eletrolisador
Receita O2 (R\$/kg)	- Custo da energia renovável

33,33 kWh é a energia armazenada em 1 kg de hidrogênio - LHV (Lower Heating Value)

Para cada 1 kg de H2, 8 kg de O2 são gerados

# Quadros elétricos: a vigência definitiva da ABNT NBR IEC 61439-1:2016 e a atualização publicada pela IEC em 2020

A norma NBR IEC 61439-1, publicada em 2016 pela ABNT, passou a ser obrigatória no Brasil em dezembro de 2021. Esta é uma versão baseada na edição 2.0 da norma IEC original, publicada em 2011. Em maio de 2020 a IEC publicou sua versão 3.0, cuja tradução e adequação para se tornar uma NBR já estão em andamento no Comitê Brasileiro de Eletricidade (Cobei/CB003). Mas não se preocupe, a atualização esclarece pontos que ficaram obscuros na versão anterior e aborda situações que já fazem parte do cotidiano de quem projeta, produz, monta ou instala quadros elétricos, como o uso de inversores de frequência, quadros utilizados em instalações fotovoltaicas e um ponto importantíssimo: a possibilidade de mudar o fabricante de componente para a verificação da elevação de temperatura.

Originados em 1985 na norma IEC 439 (que foi sendo atualizada até se tornar a IEC 60439-1 publicada em 1999 pela IEC, e em 2003 pela ABNT), os termos TTA e PTTA tinham como objetivo evidenciar a necessidade da realização de ensaios de tipo em conjuntos de manobra e comando de potência, quais sejam: os quadros elétricos. O objetivo da norma nunca foi criar um padrão construtivo que tornasse os painéis iguais, mas sim estabelecer condições mínimas de segurança para um conjunto de equipamentos e componentes que, apesar de ter a sua origem em um tipo (projeto / modelo / padrão), dificilmente

será produzido de forma idêntica ao tipo testado. Tudo que compõe um conjunto é seriado, inclusive a maneira que suas partes devem ser montadas, mas ao criar o projeto de acordo com as necessidades da instalação e do usuário final, sempre haverá pequenas mudanças naquele tipo testado que sai na foto dos ensaios em laboratório.

Com isso, tecnicamente, sob a ótica da necessidade dos ensaios de tipo e das boas práticas da engenharia elétrica, nada muda em um quadro elétrico que, de fato, atendia à IEC 439 de 1985 para que possa atender à versão mais recente publicada em 2020.

Desde a versão de 1985, a primeira vez que surgiu um novo ensaio de tipo para os conjuntos foi em 2009, quando a série passou a ser conhecida como IEC 61439, e os termos TTA e PTTA foram abolidos. Estes ensaios, que aparecem no parágrafo 10.2 (e permanecem assim na versão de 2020), abordam a "resistência dos materiais e das partes" dentro dos aspectos de construção do conjunto, ou seja: o invólucro. E menciona o atendimento a uma nova norma para cumprir estes requisitos, a IEC 62208.

Até 2009 o armário ou caixa que fazia parte do conjunto não era abordado como algo seriado, por isso, a 61439 puxa o

atendimento desta nova norma para um produto que já existia, porém podia não ser construído de maneira realmente seriada. Da mesma forma que um disjuntor instalado no conjunto deveria obedecer a sua norma pertinente (no caso, dentro da série 60947), o invólucro (armário ou caixa) também passou a ter uma norma própria, a ABNT NBR IEC 62208, publicada no Brasil em 2013. E surge a pergunta: se produzíssemos um novo armário exatamente como era construído em 1985 e o submetêssemos aos ensaios solicitados na IEC 62208, ele passaria? A resposta é sim se este armário já seguisse as boas práticas da engenharia elétrica, como, por exemplo, a garantia de continuidade entre as partes metálicas (massa) ao circuito de proteção (aterramento). A norma não define requisitos mínimos de produto, mas de verificações de segurança. Obviamente, essas verificações acabam delimitando algumas situações, mas não tornam iguais, em projeto ou características, produtos de fabricantes diferentes. Não existe nem nunca existiu uma espessura mínima para quaisquer das chapas utilizadas em um armário elétrico, por exemplo.

Por isso, a publicação de uma revisão da norma não deveria causar preocupações em quem já busca qualidade e segurança em quadros elétricos, e deveria sim ser um alívio ao explicar aquilo que antes poderia necessitar de uma grande dose de conhecimento e de retórica. Convenhamos: o preço do cobre pode mudar até quando o presidente fala mais uma besteira, mas a condução de corrente e todos os fenômenos atrelados ao fluxo de elétrons em uma barra de cobre funcionam da mesma forma desde sempre.

Existe, no entanto, uma mudança entre as versões 60439 e a 61439 que exige atenção e investimento por parte do fabricante original (responsável pelos ensaios) do conjunto: a verificação da elevação de temperatura.

## Verificação da elevação de temperatura

Apesar de ocupar 13 páginas dentro da seção de verificação de projeto, mais anexos e tabelas, ante umas 4 páginas na versão anterior, o que de fato “atormenta” os laboratórios, fabricantes e montadores consiste em um só ponto: a IEC 60439 permitia (mas não se limitava a) o uso de resistência com dissipação de calor equivalente aos dos componentes instalados, em vez da energização de cada uma das cargas envolvidas no projeto. Isso permitia basicamente realizar os ensaios com um transformador e diversas resistências em cada uma das gavetas, sem a preocupação de regular cargas individuais e medir a temperatura em dezenas de pontos.

Desde a edição 1.0 de 2009, para atender à IEC 61439 os laboratórios precisam ter, além de diversos reguladores de cargas para cada unidade funcional, dezenas de medidores e sensores – lembrando que estes sensores precisam ser homologados (no Brasil, pelo Inmetro) e passarem por certificações e inspeções periódicas. Já o fabricante precisa investir dezenas de horas em laboratório, a depender da forma de verificação escolhida.

Porém, cabe dizer: o uso da resistência facilitava a execução dos ensaios, mas não era obrigatório. Quem, lá em 1985, executou os ensaios com cada uma das cargas carregadas em suas respectivas unidades funcionais (gavetas), não precisa se preocupar com a necessidade de novos ensaios – todos os valores, como bitolas de cabos, temperatura máxima, etc., permanecem os mesmos. Mas digo por experiência própria, ao ter acompanhado os ensaios das duas formas: o resultado de um ensaio com resistências em nada se assemelha ao resultado de um ensaio com as correntes circulando nos componentes. Por isso, sim, para a maioria dos casos são

necessárias novas verificações e ensaios para atender à IEC 61439.

## As mudanças na versão de 2020 da norma

Uma mudança muito significativa e esclarecedora da atualização de 2020 da norma também está dentro da verificação de elevação de temperatura:

*“10.10.3.5 – Unidades funcionais – consideração sobre a elevação de temperatura para substituição de componentes. Um componente com uma corrente nominal  $I_n$  que não exceda 1600 A pode ser substituído por um componente similar de outra série do mesmo ou de diferente fabricante daquele usado na verificação original (...)”*

Este parágrafo possui ainda diversas outras considerações igualmente importantes, que não cabem aqui por uma questão de espaço. Mas, em resumo, o teste de elevação de temperatura é um teste caro e complexo. A possibilidade de substituir a série, ou o fabricante do componente previamente ensaiado no conjunto, ajuda bastante na adequação à norma. Mas não devemos ignorar: diversas características como dissipação de calor, bitola dos condutores, distâncias de isolamento e escoamento, dentre outros, precisam ser mantidas ou ter uma performance comprovadamente superior àquela testada.

Mas há um alerta aos que acreditam em quadros “testados em parte” ou “relativamente testados”: ainda é obrigatório o ensaio de curto-circuito de cada componente instalado na unidade funcional. A mudança de componente neste caso só é permitida mantendo o mesmo fabricante do componente, garantindo uma performance superior àquela testada.

## O uso de conversores de frequência

Pela primeira vez, o termo Variable Frequency Drives (os conversores de frequência variável, ou mesmo inversores de frequência, como muitos costumam chamar) aparece na norma, trazendo aquilo que já se sabia: os VFDs são considerados dispositivos de manobra (3.1.1, nota 2), porém, não precisam passar por ensaios de curto-circuito quando as saídas são limitadas a uma corrente de corte que não exceda 17 kA (10.11.2d), daí a importância também do uso de fusíveis. Como geralmente estes são equipamentos que ocupam uma coluna inteira, ou são instalados junto com outros dois em uma mesma coluna, também se encaixam nos métodos de verificação de elevação de temperatura por cálculo ou avaliação.

## Quadros para instalações de geração de energia fotovoltaica

Na parte 2 da norma surgiu um novo tipo de conjunto: o PVA (Photovoltaic Assembly). Como dito anteriormente, a norma estabelece condições de avaliação para garantir a qualidade de um produto que muitas vezes já está consolidado no mercado. Existem quadros instalados em plantas de geração de energia fotovoltaica há tempos, porém, agora, a norma estabelece uma forma de avaliar e garantir a qualidade e a performance destas soluções. No entanto, diferentemente de uma aplicação usual de um quadro elétrico, nas instalações fotovoltaicas, os conjuntos são ainda mais exigidos justamente nos momentos de maior calor, e muitas vezes são instalados ao tempo. Por isso, são necessários novos ensaios que garantam a performance nas condições específicas deste tipo de aplicação, como:

- Ensaios de elevação de temperatura com todas as unidades funcionais carregadas (em um projeto de geração de energia fotovoltaica, consiste em diversas entradas

e uma única saída) e, para quadros instalados ao tempo, com simulação de radiação solar durante os ensaios de elevação de temperatura;

- Teste de ciclagem térmica: o conjunto ou parte representativa (fechamentos) do conjunto deve ser submetido a 50 ciclos de variação de temperatura em que a amostra fica 1 hora em uma temperatura de  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  depois mais 1 hora em  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$  para aplicações indoor, e  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  /  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$  para aplicações outdoor. Após os 50 ciclos a amostra deve retornar à temperatura da sala ( $25^{\circ}\text{C} \pm 5$ ) em até 3 horas;
- Testes climáticos: o conjunto ou colunas representativas do conjunto devem ser submetidas aos testes climáticos previstos na IEC 60947-1, anexo Q, categoria B, relacionados à temperatura e umidade;
- Além destes, todas as demais verificações da IEC 61439-1 devem ser realizadas.

## Outras questões importantes trazidas pela revisão de 2020

- Parâmetros para o uso de ventilação ativa e sistemas de climatização nas verificações de elevação de temperatura, principalmente devido ao uso de drives;
- Melhor definição de macro e micro ambiente: na versão anterior, quando era abordada a questão do grau de poluição, por exemplo, não ficava clara a diferença entre ambiente interno e externo ao quadro;
- Definições acerca de aplicações em corrente contínua, inclusive com relação ao ensaio de curto-circuito;
- Diversas mudanças técnicas nas definições de corrente nominal, com a implementação da corrente nominal de grupo  $I_{ng}$ , que se aplica à corrente da unidade funcional durante o uso (com as unidades funcionais adjacentes também operando), trazendo também mais clareza às definições de fator de utilização - RDF;
- Menção aos seguintes documentos sobre arco elétrico:
  - ABNT IEC/TR61641:2019 - Conjuntos de manobra e comando de baixa tensão em

invólucro — Guia para o ensaio em condição de arco devido a uma falha interna

- IEC TS 63107:2020 - Integration of internal arc-fault mitigation systems in power switchgear and controlgear assemblies (PSC-Assemblies) according to IEC 61439-2 (esta última TS (technical specification) mencionada merece uma boa atenção do mercado, pois trata de alguns dispositivos que já vêm sendo utilizados e busca uma questão importante que é a mitigação e extinção do arco elétrico. Da mesma forma que o atendimento à IEC 61641 já era solicitado antes mesmo da publicação da norma pela ABNT, a busca pelo atendimento à IEC 63107 é uma questão de tempo);

- Menção a uma norma específica para bancos de correção de fator de potência:
  - IEC 61921:2017 - Power capacitors - Low-voltage power factor correction banks (a própria norma estabelece sua utilização em conjunto com a IEC 61439-1&2).

## Conclusão

Seria possível falar sobre cada um dos assuntos abordados em mais algumas dezenas de páginas. Muito possivelmente algum ponto importante não foi mencionado, mas o objetivo deste texto não é exaurir o assunto, mas sim despertar a curiosidade e a atenção dos profissionais envolvidos no projeto, compra, montagem e instalação de um quadro elétrico. Da mesma forma que as normas, precisamos constantemente revisar e atualizar nossos conhecimentos.

*\*Fabricio Gonçalves é consultor especializado em normas técnicas para quadros elétricos, tendo atuado em diversas empresas da área em mais de 20 anos de experiência só neste segmento. Participa também do COBEI/CB003 na adequação e revisão da série IEC61439 para a ABNT. Atualmente, é responsável pela linha de produtos SIELTT da KitFrame, empresa brasileira de conjuntos testados conforme a IEC 61439 e Armários Elétricos conforme a IEC 62208.*



# PREVENÇÃO DE ACIDENTES, SEGURANÇA E CONFIANÇA "Ex"

AUTOMAÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO DO SISTEMA  
ELÉTRICO PARA ÁREAS CLASSIFICADAS

Montagem totalmente  
customizada: painéis de  
iluminação, acionamento de  
equipamentos, entre outros.

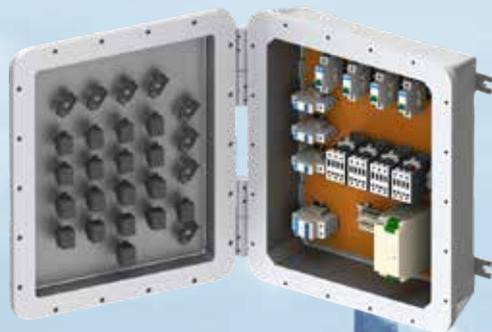
Fundido em liga de alumínio, com chassis de  
montagem na cor laranja.

Marcação: Ex db IIB T3...6 Gb | Ex tb IIIC  
T200...T85 °C Db IP66W

Normas: ABNT NBR IEC 60079-0 | ABNT NBR IEC  
60079-1 | ABNT NBR IEC 60079-31 | ABNT NBR IEC  
60529

Certificação conforme portaria Inmetro

## PAINEL Ex-d CBX



Consulte nosso time de técnicos e engenheiros para que  
apresente a solução em automação e instrumentação mais  
indicada para sua necessidade: [vendas@blinda.com.br](mailto:vendas@blinda.com.br)







# Inventário de riscos elétricos segundo a NR 1 e a NR 10

## Parte II

Conforme tratado no artigo publicado na edição anterior, a estruturação do Inventário de Riscos Elétricos do PGR deve definir as medidas de controle a serem adotadas considerando-se a hierarquia estabelecida na NR1 e na NR10, sendo essa condição fundamental para que seja possível a avaliação adequada do nível de exposição aos riscos elétricos e consequente classificação de riscos que retrate a realidade laboral existente na Organização, permitindo a elaboração de plano de ação adequado.

A Figura 1 sintetiza a hierarquia das medidas de controle conforme a NR 1 e a NR10, em que é ressaltada a eliminação do “Perigo Eletricidade”.

### GESTÃO DE RISCOS ELÉTRICOS - HIERARQUIA DAS MEDIDAS DE CONTROLE

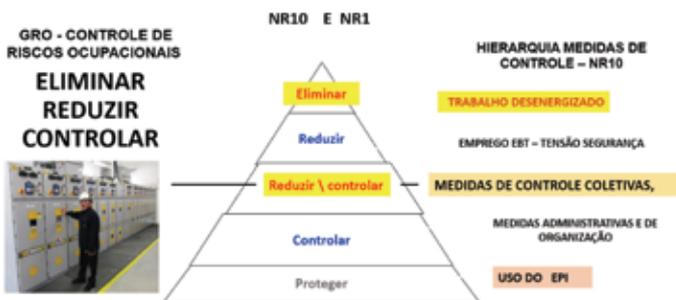


Figura 1 – Hierarquia das medidas de controle na NR 1 e NR 10.

### Conceitos técnicos básicos

Para a correta interpretação e análise das medidas de controle existentes para riscos elétricos, é necessário o conhecimento de conceitos técnicos básicos estabelecidos na NR 10 e nas normas técnicas específicas, como ABNT NBR 5410 (baixa tensão) e ABNT NBR 14039 (média tensão).

#### NÍVEIS DE TENSÃO

Tecnicamente, para o sistema elétrico de consumo, existem quatro níveis de tensão padronizados, conforme mostra a Figura

SIGLA	DENOMINAÇÃO	VALORES
EBT	Extrabaixa Tensão	Até 50 Vca; Até 120 Vcc
BT	Baixa Tensão	Acima de 50 Vca até 1.000 Vca; Acima de 120 Vcc Até 1.500 Vcc
MT	Média Tensão	Acima de 1.000 Vca até 36.200 Vca; Acima de 1.500 Vcc Até 50.000 Vcc
AT	Alta Tensão	Acima de 36.200 Vca Acima de 50.000 Vcc

Figura 2 – Níveis de tensão padronizados no Sistema Elétrico de Consumo.

2. Importante: o texto vigente da NR 10 não reconhece a média tensão, sendo esse nível tratado como alta tensão.

Para a elaboração do inventário de riscos elétrico no PGE, é necessária a avaliação de forma estratificada de todas as atividades realizadas nos diversos níveis de tensão considerando as características construtivas das instalações elétricas, uma vez que em um mesmo nível de tensão podem existir situações diferentes quanto ao nível de risco.

#### PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DE PROTEÇÃO AO RISCO DE CHOQUE ELÉTRICO

O princípio que fundamenta as medidas de proteção contra choques especificadas em normas técnicas pode ser assim resumido:

- Partes vivas perigosas não devem ser acessíveis; e
- Massas ou partes condutivas acessíveis não devem oferecer perigo, seja em condições normais, seja, em particular, no caso de alguma falha que as tornem acidentalmente vivas.

Assim, de maneira geral, a proteção contra choques elétricos compreende dois tipos de proteção:

- a) proteção básica (conceitos de proteção contra contatos diretos);
- b) proteção supletiva (conceitos de proteção contra contatos indiretos).

**Proteção básica ou “contra contatos diretos”:** pode ser definida como a possibilidade de acessar ou tocar uma parte viva energizada de uma instalação elétrica. Nesse caso, a proteção contra choque elétrico visa impedir o contato com uma parte condutora a ser submetida a uma tensão, não havendo defeito. Esta regra se aplica igualmente ao condutor neutro.

A maneira de impedir esse acesso constitui as medidas de proteção a serem adotadas, sendo essas com características diferenciadas conforme a competência das pessoas.

**Proteção total:** utilizada para designar medidas de proteção contra choque elétrico por contato direto, sendo que a proteção é garantida pela característica construtiva da instalação, onde por si só essa medida é suficiente para garantir a proteção das pessoas contra o contato acidental. Esse tipo de proteção é obrigatório para pessoas do grupo BA1, seja em baixa tensão, seja em média e alta tensão.

**Proteção parcial:** caracterizada por medidas que não são suficientes por si só para garantir a proteção das pessoas para possíveis contatos acidentais com partes vivas da instalação elétrica, necessitando, como premissa de utilização, do conhecimento ou informação das pessoas a serem protegidas. Assim, a aplicação dessas medidas tem como condição intrínseca o conhecimento das pessoas expostas, e dessa forma, somente podem ser aplicadas a pessoas BA4 e/ou BA5, dependendo da situação. A definição de barreiras e invólucros está na NR 10, sendo esses conceitos oriundos de normas internacionais.

**Invólucro:** elemento que assegura a proteção de um equipamento contra determinadas influências externas e proteção contra contatos diretos em qualquer direção. O parâmetro utilizado normalmente para designação do nível de proteção para barreiras, invólucros e obstáculos é o Código IP, conforme ABNT NBR 6146 – Invólucros de equipamentos elétricos.

**Barreira:** elemento que assegura proteção contra contatos diretos, em todas as direções habituais de acesso. Dessa forma, quando a proteção é feita por intermédio de invólucro ou barreira, a eficácia permanente deve ser assegurada por sua natureza, comprimento, disposição, estabilidade, solidez e eventual isolamento, levando em conta as condições a que estão expostos.

**Proteção parcial por colocação fora de alcance:** destinada somente ao impedimento dos contatos involuntários com as partes vivas, não impedindo o contato direto por ação deliberada. É uma medida parcial, ou seja, para garantir a sua eficácia é necessário que as pessoas tenham conhecimento ou informação suficiente sobre os perigos que a eletricidade pode oferecer, sendo permitida ser utilizada somente em locais com acesso exclusivo de pessoas BA4 (advertidas) e BA5 (qualificadas).

**Proteção por meio de obstáculos:** de acordo com a NR 10, obstáculo é o elemento que impede um contato direto acidental, mas não impede o contato direto por ação deliberada. A proteção parcial por interposição de obstáculos é destinada somente ao impedimento dos contatos involuntários com as partes vivas. E esses obstáculos devem impedir uma aproximação física não intencional das partes vivas ou contatos não intencionais com partes vivas durante atuações sobre o equipamento. Os obstáculos podem ser removíveis sem auxílio de ferramenta ou chave, mas devem ser fixados de forma a impedir qualquer remoção involuntária.

**Omissão da proteção contra choques elétricos:** em determinadas situações, admite-se omitir a proteção contra choques elétricos nos locais acessíveis somente a pessoas advertidas (BA4) ou qualificadas (BA5), desde que outras medidas de controle sejam atendidas. A pessoa BA4 ou BA5 deve estar devidamente instruída em relação às condições do local e às tarefas a serem nele executadas; os locais devem ser sinalizados de forma clara e visível por meio de indicações apropriadas; não deve ser possível ingressar nos locais sem o auxílio ou a liberação de algum dispositivo especial.

Conforme vimos, as medidas de controle a serem adotadas para proteção ao risco de choque elétrico em instalações elétricas energizadas, entre outros fatores, devem considerar substancialmente a competência de pessoas (código BA) que irão circular nos locais, e as características construtivas da instalação elétrica, devendo-se observar a condição impeditiva de acesso acidental à parte viva da instalação. Dessa forma, as medidas de controle a serem adotadas devem considerar as condições impeditivas conforme competência de pessoas.

---

*\*Aguinaldo Bizzo de Almeida é engenheiro eletricista e de Segurança do Trabalho. É membro do GT1 GTT - Elaboração da NR 10 (vigente). É inspetor de conformidade e ensaios elétricos da ABNT NBR 5410 (baixa tensão) e ABNT NBR 14039 (média tensão). Conselheiro do CREA SP – Câmara Especializada de Engenharia Elétrica, atua ainda como diretor da DPST - Desenvolvimento e Planejamento em Segurança do Trabalho e da B&T - Ensaios Elétricos*

# Aterramento e proteção contra raios em parques eólicos

## Parte I

O sistema de aterramento de um parque eólico pode ser do tipo independente, constituído pelo aterramento da torre interligado às armaduras das suas fundações ou integrado em um amplo sistema que abrange todo o complexo eólico, quando os aterramentos das torres são interligados entre si, seja pelos cabos para-raios das linhas de média-tensão, seja por condutores diretamente enterrados no solo.

O sistema de aterramento de um parque eólico, idealmente, é constituído pela interligação dos aterramentos das torres de aerogeradores, das linhas de 34,5 kV, da subestação coletora e da linha de transmissão a ela conectada. Este sistema de aterramento tem por objetivo:

- Prover a instalação de um meio de escoamento de correntes elétricas para o solo, quando da ocorrência de faltas para a terra na rede de energia ou de descargas atmosféricas;
- Estabelecer um referencial de baixa impedância para a terra, tendo em vista a operação da rede elétrica, de equipamentos eletrônicos e de dispositivos de proteção, além da descarga de cargas eletrostáticas;
- Garantir a segurança humana quando da ocorrência de faltas para a terra ou de falhas de isolamento na rede de energia.

### ATERRAMENTOS DAS TORRES

Dois parâmetros básicos caracterizam a resposta do aterramento de uma torre de aerogerador:

- Impedância impulsiva – resposta do aterramento frente à onda de um impulso de corrente, tal como o caracterizado por uma descarga atmosférica, sendo determinada pela relação entre os valores de pico da tensão e da corrente injetada na base da torre; e
- Impedância em baixa frequência – resposta do

aterramento da torre para baixas frequências (caso de uma falta para a terra na rede de média ou alta tensão), que também pode ser vista como a resistência que a cauda do impulso enxerga, após o transitório associado à frente de onda do raio.

### DESEMPENHO À FREQUÊNCIA DE 60 Hz

Os fornecedores de aerogeradores costumam recomendar uma resistência de aterramento inferior a 10  $\Omega$  nas bases das torres. Os sistemas de aterramento independentes podem ser utilizados quando a resistividade do solo é baixa o suficiente para que se obtenha uma resistência abaixo de 10  $\Omega$  apenas com o aterramento da base da torre. Esta é uma condição muito rara, o normal são os solos de elevada resistividade que dificultam a obtenção de um baixo valor de resistência de aterramento.

Como a maioria dos parques eólicos é construída em locais de solo de alta resistividade, acaba sendo necessária a interligação dos aterramentos das diversas torres do parque para a obtenção deste valor máximo de resistência de aterramento. Esta interligação não contribui apenas para a redução da impedância de aterramento da torre, mas agrega o importante benefício de melhorar o desempenho da linha de MT frente a descargas atmosféricas diretas nas torres dos aerogeradores. Neste último caso e, especialmente, se a interligação for feita por meio do cabo para-raios da linha de MT, este condutor, além de promover a interligação do aterramento da torre com as torres vizinhas, atua também como elemento de blindagem contra sobretensões induzidas nos condutores da RMT por descargas indiretas.

Entretanto, a topologia de aterramentos concentrados nas bases das torres interligados por condutores longos (enterrados ou aéreos), não garante a equipotencialização deste sistema devido à sua extensão, da ordem de quilômetros,

mesmo em baixas frequências. Por este motivo, as avaliações de desempenho deste sistema de aterramento exigem a sua simulação por meio de software adequado, que leve em conta as quedas de tensão ao longo dos condutores de interligação dos aterramentos das torres, ou seja, um software com recursos de simulação no domínio da frequência, para os casos de faltas para a terra, e no domínio do tempo para descargas atmosféricas.

A ocorrência de tensões de passo ou de toque perigosas nas bases de torres de aerogeradores não é comum por dois motivos:

- As armaduras de aço das fundações da torre constituem um aterramento com reticulado da ordem de centímetros, que promove a equipotencialização da superfície do solo no entorno da sua base; e
- Frequentemente, as RMT têm a corrente de falta para a terra limitada por um resistor de aterramento no transformador elevador situado na subestação coletora.

Nos parques eólicos mais antigos, em que o transformador elevador está situado em um cubículo externo à torre, há que se avaliar o risco da ocorrência de tensões de toque perigosas no cubículo.

Na próxima edição, falaremos sobre desempenho frente às descargas atmosféricas.

---

*\*Paulo Edmundo da Fonseca Freire é engenheiro electricista e Mestre em Sistemas de Potência (PUCRJ). Doutor em Geociências (UNICAMP) e membro do CIGRE e do COBEI, também atua como diretor da Paiol Engenharia.*

*Wagner Costa é engenheiro electricista, com especialização em Gestão da Manutenção pela UFPE e mestrando em Engenharia Elétrica pela Unicamp. Possui mais de 10 anos de experiência no setor elétrico com projetos e estudos sobre aterramentos elétricos, interferências eletromagnéticas, entre outros temas.*

# TODA A EVOLUÇÃO CABE AQUI



**CARTHOM'S**<sup>®</sup>

Porque evoluir é preciso!

## Tópicos fundamentais para avaliação e acompanhamento de bancos de capacitores de média e alta tensão

Bancos de capacitores são equipamentos de grande importância para o sistema elétrico de potência e a indisponibilidade destes pode ocasionar prejuízos consideráveis, visto que são responsáveis pela compensação reativa e filtragem de harmônicos.

Dentre todos os componentes de uma subestação de energia, os capacitores de potência são alguns dos equipamentos mais sensíveis aos parâmetros de qualidade da energia elétrica, portanto, qualquer variação não prevista durante a fase de projeto resultará em degradação da vida útil.

Assim como os demais equipamentos elétricos em uma subestação, os bancos de capacitores possuem sistemas de proteção dedicados, necessitam de monitoramento e constar nos planos de manutenção da instalação.

Os capacitores de potência são compostos de óleo isolante e caixas metálicas seladas, falhas internas podem resultar em geração de gases e, conseqüentemente, elevar a pressão interna ao ponto de romper o limite de suportabilidade dos componentes estruturais resultando em danos severos. Visando não apenas a confiabilidade operativa, mas também a segurança da instalação e dos colaboradores que circulam próximo a estes equipamentos, algumas ações protetivas são fundamentais, como:

- Medição da tensão de barra;
- Medição da corrente de fase;
- Medição da corrente ou tensão de desequilíbrio;

- Balanceamento adequado das células capacitivas.

Basicamente, o monitoramento da tensão de barra é realizado devido às exigências operativas sistêmicas e, portanto, o intervalo de variação é pré-definido e controlado constantemente. Durante a fase de projeto e especificação dos bancos de capacitores, sejam eles utilizados para compensação shunt, sejam para filtragem de harmônicos, o fator tensão de operação é fundamental para o correto dimensionamento, uma vez que a sensibilidade a este parâmetro é bem restritiva e prevista nas normas ABNT NBR 5282 e IEC 60871-1.

As medições de corrente de fase são importantes para acompanhamento de possíveis sobrecargas que podem ocasionar fadiga no dielétrico e aquecimento excessivo do equipamento. As correntes de sobrecarga podem ocorrer por diversos motivos sendo alguns deles: variação da capacitância do banco e conseqüente alteração na impedância do equipamento; alteração nas componentes harmônicas do sistema; variação na sintonia de filtros devido a alteração na capacitância e/ou indutância; e falha de elementos como resistores paralelos ocasionando alteração no fator de qualidade do filtro. Além das sobrecargas mencionadas anteriormente, uma função importante da medição de corrente de fase é a identificação de faltas internas ao banco de capacitores, por exemplo, curto-circuito entre fases e curto-circuito fase terra, ambos ocasionados



por animais, intempéries ou montagem inadequada.

Os pontos mencionados anteriormente são importantes e de conhecimento da grande maioria dos operadores, tendo em vista que são proteções básicas e comumente encontradas em outros equipamentos da instalação. No entanto, os bancos de capacitores possuem uma particularidade que merece total atenção e acompanhamento, o balanceamento das células capacitivas.

Bancos de capacitores são compostos por diversas unidades capacitivas conectadas em série e paralelo, resultando na capacitância equivalente por fase. A combinação das unidades capacitivas pode ser feita de diversas maneiras, no entanto, poucas são as configurações dentro de uma mesma fase, que resultam em uma distribuição de corrente homogênea e conseqüentemente, pela lei de Ohm, uma distribuição de tensão equilibrada entre os terminais das células capacitivas.

Conforme apresentado na Figura 1, a distribuição correta de capacitância resulta em uma queda de tensão uniforme em todos os componentes do banco de capacitores. O oposto também é válido, um balanceamento inadequado pode resultar em sobretensões permanentes nas unidades e conseqüentemente redução da vida útil.

Além do balanceamento intrafase, o balanceamento interfases deve ser avaliado cuidadosamente, uma vez que esse pode causar problemas sistêmicos devido à diferença de impedância das fases ou até mesmo a atuação indevida da proteção de desequilíbrio, tema para um outro diálogo.

Finalmente, o parâmetro considerado de maior importância para o acompanhamento da "saúde" operativa do banco de capacitores é a corrente ou tensão de desequilíbrio, que é responsável por avaliar a situação das células capacitivas individuais que compõe a solução reativa, banco de capacitores shunt ou filtro de harmônicos.

Muitos operadores ainda apresentam

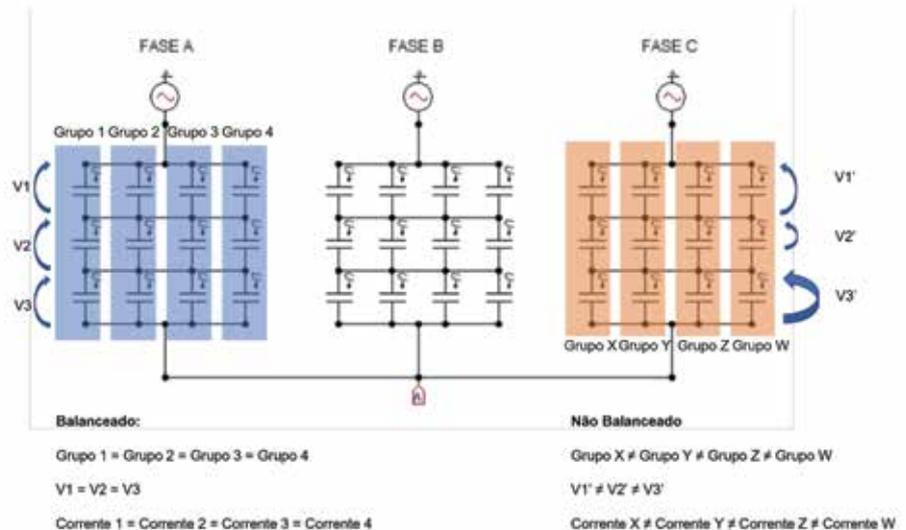


Figura 1 - Comparação entre banco balanceado e não balanceado intrafase.

dificuldades em entender a diferença entre corrente ou tensão de desequilíbrio do banco de capacitores com o desequilíbrio sistêmico, vamos esclarecer:

- Desequilíbrio sistêmico: desequilíbrio resultante da somatória vetorial das três fases que compõem o sistema elétrico e que, por sua vez, alimenta o banco de capacitores. Os relés de proteção geralmente têm uma fórmula matemática que demonstra em seu display a corrente ou tensão de desequilíbrio calculada baseada nas medições das três fases. O parâmetro aqui mencionado não deve ser utilizado para avaliar a "saúde" operativa do banco de capacitores, uma vez que o desequilíbrio de fases não necessariamente é reflexo do desequilíbrio gerado pela variação de capacitância das unidades capacitivas. Resumindo, este desequilíbrio pode ser devido a problemas externos ao banco de capacitores;
- Desequilíbrio do banco de capacitores: desequilíbrio resultante da variação de impedância ocasionada pela falha de elementos capacitivos. O acompanhamento deste parâmetro é fundamental para identificar a evolução de falhas internas e, conseqüentemente, auxiliar na prevenção de

falhas inesperadas e custos elevados devido a indisponibilidade do equipamento. A queima de elementos internos do capacitor resulta na variação da corrente ou tensão de desequilíbrio, assim, dependendo da topologia protetiva adotada, é possível detectar o número de elementos falhados e o avanço das falhas.

O tema discutido nesse artigo teve por objetivo abordar de forma rápida e sucinta um aspecto importante e diretamente relacionado com o projeto e operação dos bancos de capacitores, que é sua sensibilidade às variações sistêmicas e sua necessidade de monitoramento constante. Estes equipamentos são amplamente utilizados para minimizar e eliminar problemas de qualidade de energia elétrica em nosso sistema e sua correta operação resultará em uma alta disponibilidade.

\*Evandro Marcos Vaciloto Filho é Application Engineer, Power Quality Products, GE | evandro.vaciloto@ge.com

Marco Leandro Bonelli é lead Sales & Proposal Manager na GE | marco.bonelli@ge.com

Ricardo Carvalho Campos é senior Sales and Proposal Staff Manager na GE | ricardo.campos@ge.com



## Cinquenta anos do CIGRE-Brasil e do SNPTEE

### O CIGRE-Brasil

Uma das entidades mais tradicionais e importantes do setor elétrico brasileiro, o Comitê Nacional Brasileiro de Produção e Transmissão de Energia Elétrica (CIGRE-Brasil) foi criado em 05 maio de 1971 e, desde então, vem contribuindo de forma significativa para o aprimoramento do Sistema Interligado Nacional do Brasil, por meio dos trabalhos desenvolvidos por seus associados através dos 16 Comitês de Estudo existentes, que são espelhos dos 16 Study Committees do CIGRE. A história da instituição envolve o intercâmbio de experiências entre centenas de profissionais do setor elétrico brasileiro, bem como a dedicação livre e espontânea, a prática do voluntariado e a independência técnica e de opinião.

### O SNPTEE

O Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica (SNPTEE) é um evento histórico do CIGRE-Brasil, sendo o maior seminário da América Latina e o 2º maior do mundo entre aqueles realizados por entidades em nível internacional.

O XXVI SNPTEE será realizado no Rio de Janeiro de 15 a 18 de maio de 2022, tendo Furnas como a empresa coordenadora. A nossa expectativa para o XXVI SNPTEE é muito grande em virtude de que 2021 é um ano histórico, pois será o cinquentenário do SNPTEE e também do CIGRE-Brasil e será dado por todos envolvidos o melhor dos esforços para marcar definitivamente os 50 anos desta entidade e deste grande evento

nacional.

Esta junção de marcos históricos, aliados à competência comprovada de Furnas, farão do XXVI SNPTEE o maior evento da sua história. Os desafios serão superados e estamos trabalhando com a expectativa do efetivo fim da crise do coronavírus, que está se concretizando no Brasil, de forma que na data de realização do evento estejamos com essa situação completamente normalizada.

### Inserção do CIGRE-Brasil e do SNPTEE no setor elétrico

Ao longo dos seus 50 anos o CIGRE-Brasil e o SNPTEE têm sido os principais fóruns nacionais do setor, cobrindo todos os aspectos relevantes e com presença destacada em nível internacional, sempre tendo um papel de destaque no intercâmbio de experiências e na geração de propostas de novas direções e soluções para os problemas do setor elétrico

nacional e internacional.

A história do CIGRE-Brasil e do SNPTEE fazem parte da trajetória do setor elétrico brasileiro, bem como de sua inserção no cenário nacional e internacional. Isto quer dizer que o CIGRE-Brasil, o SNPTEE e o setor elétrico andam de mãos juntas. Não podemos dissociar um dos outros, pois estão intimamente interligados. Assim, o contexto do setor elétrico afeta sobremaneira o CIGRE-Brasil e o SNPTEE.

O CIGRE-Brasil é uma instituição não governamental, sem fins lucrativos, e que tem como missão promover a produção, o compartilhamento e a disseminação de conhecimentos técnicos aplicados ao setor elétrico, como indutor da qualidade de vida sustentável.

Ao longo desses 50 anos o CIGRE-Brasil e o SNPTEE vêm cada vez mais trabalhando arduamente de modo a cumprir a sua missão, e com isso contribuir fortemente para o



crescimento profissional de técnicos do setor elétrico, fomentando a interação desses profissionais na troca de conhecimento e experiências com as empresas, instituições, centros de pesquisa, universidades, órgãos governamentais, operadores, reguladores e comercializadores.

Também tem papel de destaque a promoção da participação dos associados do CIGRE-Brasil em eventos técnicos e grupos de trabalho em nível nacional e internacional. Com isso, o CIGRE-Brasil tem ajudado em muito o país, em especial o setor elétrico, a enfrentar os seus desafios dentro desse novo contexto que se apresenta.

O CIGRE-Brasil é uma instituição importante para o crescimento profissional contínuo, na medida em que é fonte para a troca do conhecimento entre especialistas de todo o mundo e de documentos técnicos com as melhores práticas e recomendações. Logo, sua contribuição é uma fonte fundamental para o suporte às necessidades de novas

tecnologias e estudos para a melhoria técnica das equipes das empresas e demais instituições.

A sua força é baseada não apenas na troca de experiências, mas na formação de redes de conhecimento profissional, e na análise dos desafios nacionais e de novos requisitos para as redes elétricas do futuro. Sob uma perspectiva profissional e pessoal, os membros do CIGRE-Brasil precisam ter acesso a informações atualizadas, e oportunidades de conexões profissionais que fortaleçam seus conhecimentos e contribuam para o seu desenvolvimento contínuo. E o SNPTEE contribui em muito para este objetivo

Finalmente, não poderíamos deixar de prestar uma homenagem especial a todos aqueles que contribuíram para a perenidade do CIGRE-Brasil e do SNPTEE ao longo dos seus cinquenta anos, em especial a todos os diretores que participaram das suas 14 gestões de 1971 a 2021, bem como a todas as empresas coordenadoras dos 26 SNPTEEs e

aos seus profissionais que se engajaram na organização destes eventos, em especial aos seus coordenadores gerais.

Como parte das comemorações deste importante marco histórico, foi lançado o Livro dos 50 anos do CIGRE-Brasil, que é uma publicação sensacional que está sendo elogiada por todos que têm recebido e lido o livro.

Os leitores terão um conhecimento detalhado acerca dos fatos que marcaram a história do CIGRE-Brasil ao longo da sua existência, por meio de uma leitura prazerosa propiciada pela forma leve e objetiva de todos os relatos históricos constantes do livro.

*\*Saulo José Nascimento Cisneiros é engenheiro eletricista, com mestrado em engenharia de sistemas de potência. Atualmente, é sócio-diretor da empresa SJNC – Consultoria e Engenharia de Energia Ltda, “Distinguished Member” do CIGRE, sócio honorário e presidente do CIGRE-Brasil.*

## ESTRUTURAS SOLARES ROMAGNOLE

Disponível nos melhores distribuidores de produtos para energia solar do Brasil



Os kits PRATIC LITE contam com o DUAL CLAMP, mid e end em uma única peça.



Os clamps PRATIC PRO não contam com parafusos, um módulo instalado a cada 30 segundos.

Os kits para telhado Romagnole vêm separados nas quantidades corretas para instalações com 2 ou 4 módulos, mais agilidade para os distribuidores.





## SISTEMA DE PÁRA RAIOS

PREDIAIS  
SISTEMA COMPLETO



CAPTORES  
TIPO FRANKLIN



CONDUTORES  
DE ALUMÍNIO



SUPORTE DE  
USO GERAL



SUPORTE PARA  
TELHA DE CERÂMICA



SINALIZADORES



ATERRAMENTO

**PARATEC**

A SOLUÇÃO QUE PROTEGE

A SOLUÇÃO  
QUE PROTEGE

Tel.: (011) 3641-9063

vendas@paratec.com.br

Dúvidas acesse o Site

www.paratec.com.br



Jobson Modena é engenheiro eletricista, membro do Comitê Brasileiro de Eletricidade (Cobei), CB-3 da ABNT, onde participa atualmente como coordenador da comissão revisora da norma de proteção contra descargas atmosféricas (ABNT NBR 5419). É diretor da Guismo Engenharia | [www.guismo.com.br](http://www.guismo.com.br)



## SPDA – Componentes e parâmetros

É importante entender o conceito de certos parâmetros para determinar limites normalizados de dimensionamento de componentes do SPDA – Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas.

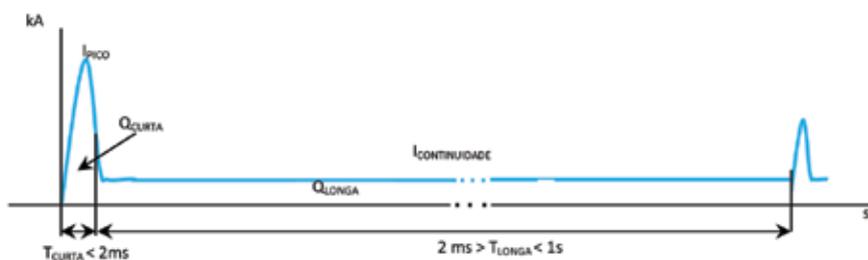
Nasce o raio da separação das cargas elétricas dentro da nuvem a partir do atrito de, principalmente, partículas de água em diferentes estados físicos. Essas cargas em movimento criam corrente elétrica que, por sua vez, ao circular por meios que se opõem (resistência) à sua passagem, gera calor. A carga elétrica,  $Q$ , dividida em dois momentos distintos (pulso e continuidade entre pulsos), é expressa pelo valor resultante da integral da corrente (de pulso ou de continuidade entre pulsos) no tempo.

$$Q = \int i dt$$

$Q$  – carga elétrica (C)

$i$  – corrente elétrica (A)

A figura mostra pulsos padrão onde ficam evidenciados tais parâmetros:



Em que:

$I_{PICO}$  - corrente de pico relacionada ao primeiro pulso do raio;

$I_{CONTINUIDADE}$  - corrente de “junção” entre os pulsos do raio;

$Q_{CURTA}$  - carga da componente curta (pulso) do raio. Valor resultante da integral da corrente do pulso no tempo;

$Q_{LONGA}$  - carga da componente longa (continuidade) do raio. Valor resultante da integral da corrente de continuidade no tempo;

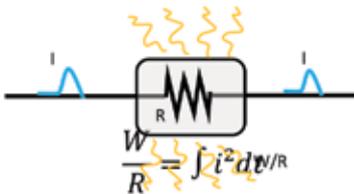


$T_{CURTA}$  – duração da componente curta (pulso) do raio;

$T_{LONGA}$  – duração da componente longa (pulso) do raio.

Ainda:

Energia específica (W/R) - Valor resultante da integral da corrente do raio ao quadrado no tempo. Representa a energia específica do raio dissipada em uma resistência de valor unitário.



Assim, podemos dizer que as grandezas carga elétrica, corrente elétrica e energia específica são interdependentes e extremamente importantes para o dimensionamento de componentes, tais como seção de condutores, espessura de chapas, suportabilidade de conectores etc.

Com os conceitos já apresentados, é simples entender que a parametrização dos componentes da PDA deve seguir limites de suportabilidade à corrente (carga) elétrica e à energia específica.

Para facilitar a obtenção dos resultados, tanto no dimensionamento quanto nos ensaios dos componentes do SPDA, a ABNT NBR 5419 estabelece grupos de valores com limites máximos e vincula esse agrupamento ao nível de proteção. Assim, são distribuídos os valores máximos de

I, Q, W/R e T a serem considerados para ensaios de alguns componentes do SPDA em função dos níveis de proteção (I, II, III e IV).

A Tabela 1 mostra fragmentos da Tabela D.1 da ABNT NBR 5419-1 adaptados às aplicações onde valores típicos normalizados são utilizados para verificação da suportabilidade de vários componentes dos subsistemas do SPDA.

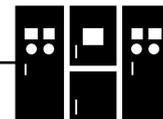
Os valores apresentados, somados às equações mostradas na ABNT NBR 5419-1, Anexo D, (assunto que será oportunamente tratado neste espaço), proporcionam ao profissional de proteção contra descargas atmosféricas o caminho para o correto dimensionamento ou a verificação dos componentes dos subsistemas do SPDA.

TABELA 1 – VALORES DE I, Q, W/R E T PARA OS QUATRO NÍVEIS DE PROTEÇÃO QUE CONSTAM DA ABNT NBR 5419.

Componente do subsistema em questão	Causa da aplicação	Parâmetros das descargas atmosféricas a serem utilizados				Notas
		NP	$Q_{longa}$ [C]	$T$		
Captação	Erosão no ponto de impacto (por exemplo: chapas metálicas finas)	I	200	$< 1$ s (aplicar $Q_{longa}$ em um pulso único)		
		II	150			
		III - IV	100			
Captação e descidas	Aquecimento ôhmico	NP	W/R [kJ/Ω]	$T$	O dimensionamento conforme a ABNT NBR 5419-3 torna estes ensaios supérfluos	
		I	10 000			
		II	5 600			
	III - IV	2 500				
	Efeitos mecânicos	NP	I [kA]	W/R [kJ/Ω]		
		I	200	10 000		
II		150	5 600			
III - IV	100	2 500				
Componentes de conexão	Efeitos combinados (térmicos, mecânicos e de arco)	NP	I [kA]	W/R [kJ/Ω]	$T$	
		I	200	10 000		
		II	150	5 600		
		III - IV	100	2 500		
Aterramento	Erosão no eletrodo de aterramento	NP	$Q_{longa}$ [C]	$T$	Dimensionamento geralmente determinado por aspectos mecânicos e químicos (corrosão etc)	
		I	200			
		II	150			
		III - IV	100			



**Nunziant Graziano é engenheiro eletricitista, mestre em energia, redes e equipamentos pelo Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE/USP), Doutor em Business Administration pela Florida Christian University, Conselheiro do CREASP, membro da Câmara Especializada de Engenharia Elétrica do CREASP e diretor da Gimi Pogliano Blindosbarra Barramentos Blindados e da GIMI Quadros elétricos | nunziant@gimipogliano.com.br**



## É possível aplicar economia circular aos equipamentos elétricos?

### Parte 2 - Primeira abordagem prática

Retomando o raciocínio desta coluna publicada na edição anterior, uma das principais estratégias associadas às melhores práticas ESG é enquadrar o negócio dentro dos conceitos da chamada “economia circular”.

É necessário para tal entender que a economia é próspera quando materiais circulam na economia de forma inteligente e são produzidos de maneira que tenham um impacto positivo para as pessoas e para o planeta, sendo possível fazer com que o “desperdício”, refugo, sucata, descarte ou qualquer recurso não utilizado em um sistema, seja o “alimento”, matéria-prima, insumo, mistura, ou componente inicial para outro sistema produtivo, inexistindo então, o desperdício. Como dissemos anteriormente, a Economia Circular é Baseada em três princípios: eliminar resíduos e poluição desde o princípio; manter produtos e materiais em uso pelo maior tempo possível; e regenerar sistemas naturais.

Lendo o parágrafo acima, lembrei-me da minha avó. Ela sempre dizia que deveríamos comprar “coisas de boa qualidade, com preço justo, feito por quem entende do riscado”. Antigamente, dizia ela, “as coisas eram muito melhores que as de hoje em dia”. Sábios como sempre, os antigos entendiam muito bem o porquê deviam comprar coisas

que “durassem a vida toda”. Eles faziam isso porque era difícil conseguir outro, pois os recursos eram poucos, as oportunidades de comprar algo eram raras e, portanto, não havia coisas descartáveis, tudo era usado e reutilizado por gerações.

Com a industrialização de quase tudo, nossa sociedade se tornou “descartável”. Tantos recursos usados uma única vez, pois a sensação de infinitude de recursos é quase uma certeza.

Entendido o problema em que nos metemos durante o século XX, tantas são as oportunidades que temos de, baseado nas teorias de nossos avós e dos conceitos ESG e de economia circular, aplicar técnicas e, sobretudo, mudança de comportamento, inclusive no setor elétrico. São algumas delas:

- Adquirir produtos de qualidade, com performance conhecida, com ciclo de vida útil certificada, capazes de serem mantidos e consertados, jamais “caixa preta que usa, quebra e joga fora”;
- Adquirir produtos capazes de serem ampliados e modificados, jamais “é assim se quiser, usa até quando lhe for útil como é e depois, joga fora”;
- Adquirir produtos cuja cadeia produtiva completa seja conhecida, com impactos ambientais e sociais também conhecidos e

sustentáveis, jamais “essa bola é linda, mas usa mão de obra escrava para costurá-la”;

- Adquirir produtos cujas matérias-primas sejam de origem COMPLETAMENTE conhecida, impactos ambientais e sociais desta cadeia de fornecimento também conhecidos e sustentáveis, jamais “esse produto é bom, mas tem material dentro de origem ilícita, roubada ou descaminhada”;
- Adquirir produtos cujos processos de compra sejam COMPLETAMENTE lícitos, adquiridos com nota fiscal correta, classificação fiscal correta, sem descaminho, “meia nota”, jamais “esse fornecedor é bom, mas comprei mais barato do outro porque dá um jeitinho de pagar menos impostos”;

Enfim, ESG é baseada no tripé: meio ambiente, sustentabilidade e governança. Para mim, a tradução destas três letras poderia ser também: meio ambiente, sociedade (onde estão as pessoas e governos) e empresas. Para todos os exemplos que listei no parágrafo anterior, um destes três (meio ambiente, sociedade e empresas) pagará a conta pela sua decisão “incorreta”.

Encerramos aqui a primeira abordagem prática do tema e, para a próxima edição, traremos outra abordagem prática do assunto para a economia circular aplicada aos equipamentos elétricos. Não perca!



**Luciano Haas Rosito é engenheiro eletricista, diretor comercial da Tecnowatt e coordenador da Comissão de Estudos CE: 03:034:03 – Luminárias e acessórios da ABNT/Cobei. É professor das disciplinas de Iluminação de exteriores e Projeto de iluminação de exteriores do IPOG, e palestrante em seminários e eventos na área de iluminação e eficiência energética. | lrosito@tecnowatt.com.br**

## Qualidade e manutenção dos sistemas de iluminação pública

Dando sequência nesta série de artigos sobre o tema iluminação, vamos tratar do tema da qualidade do sistema de iluminação, suas formas de manutenção ao longo da vida útil dos equipamentos, os aprimoramentos, além dos avanços que vêm ocorrendo com a aplicação de tecnologia.

A utilização em larga escala do Led trouxe à tona a questão de como manter e fazer este sistema durar o máximo possível com uma baixa taxa de falhas e uma manutenção eficiente sem desperdício de energia, mantendo os parâmetros elétricos e fotométricos cada vez mais controlados. Por ser uma tecnologia em evolução, a cada ano novas evoluções nos levavam a questionar até onde a eficácia e a durabilidade poderiam evoluir. Qual seria o ponto de aplicar a tecnologia em função de sua evolução e custo que poderia reduzir cada vez mais ao longo do tempo, tanto em função de escala quanto em melhorias tecnológicas.

Do ponto de vista da sustentabilidade, os produtos deveriam ser pensados não somente para durarem mais, mas para que sejam substituídas partes e peças para que o conjunto seja o mais durável e confiável ao longo do

tempo de sua utilização. A gestão da iluminação pública através de PPPs e contratos de longo prazo trouxe à discussão este tema e formas de fazer esta manutenção cada vez mais eficiente e menos frequente, reduzindo as despesas recorrentes. A manutenção deixa de ser uma tarefa rotineira de substituição de componentes em falha para uma gestão qualificada e um serviço que pode trazer muito valor à gestão completa do sistema de iluminação. Os prestadores de serviço conhecem cada vez mais as possibilidades de verificação das luminárias e suas formas de reparo, chegando a desenvolver equipes técnicas para análise e conserto de luminárias.

Assim como se fala em disponibilidade e menor taxa de interrupções do sistema elétrica, será cada vez mais comum falar em taxa de falhas máxima dos produtos e sistemas de iluminação, de tempo menor de respostas às ocorrências de iluminação pública, mantendo os pontos com alto índice de disponibilidade e em uma substituição rápida e simples dos componentes internos da luminária. Posteriormente identificando a causa raiz da falha e medidas que podem evitar futuras falhas recorrentes.

Sem dúvida, a qualificação e a melhoria dos índices de disponibilidade de luz também passam pela qualificação das redes elétricas e por uma menor incidência de distúrbios na rede. Uma verificação e monitoramento da própria rede pode fazer parte da rotina de gestão e manutenção. Ao mesmo tempo, com esta verificação e monitoramento mais qualificado é possível investir na manutenção preditiva e preventiva bem como na qualificação da manutenção. A reposição adequada de partes e peças de luminárias públicas vem se tornando recorrente e está sendo incorporada na rotina de manutenções, coisa que antigamente era restrita à substituição em campo de uma lâmpada, relé ou reator. Hoje o reparo especializado é fundamental para reduzir custos desnecessários de trocas inteiras de luminárias.

Ter profissionais treinados e capacitados para esta atividade, além de devidamente protegidos e com equipamentos adequados e seguros, garante a aplicação correta das técnicas de avaliação e manutenção, dando um desempenho diferenciado para quem tem a responsabilidade pela gestão da iluminação.



**Daniel Bento é engenheiro eletricista com MBA em Finanças e certificação internacional em gerenciamento de projetos (PMP®). É membro do Cigré, onde representa o Brasil em dois grupos de trabalho sobre cabos isolados. Atua há mais de 25 anos com redes isoladas, tendo sido o responsável técnico por toda a rede de distribuição subterrânea da cidade de São Paulo. É diretor executivo da Baur do Brasil | [www.baurdobrasil.com.br](http://www.baurdobrasil.com.br)**



## Cabos isolados de média tensão: será que vai falhar hoje?

### Parte II

Na última coluna, demonstramos que o cabo isolado de média tensão obedece a mesma dinâmica de outros produtos e equipamentos elétricos, ou seja, está sujeito a uma taxa de falhas maior no início e no fim de sua vida útil, logo, podemos analisá-lo com a famosa curva da banheira.

É importante conhecer os riscos e os fenômenos elétricos em cada fase da vida do cabo, seja na instalação, seja durante a operação ou no final da vida útil. Conhecendo os riscos e fenômenos, é possível mitigá-los e medi-los para, então, fazer a melhor gestão desse ativo.

Nesse artigo vamos falar um pouco sobre medições de tangente delta nos cabos isolados.

A técnica de medição do tangente delta é utilizada para avaliação do nível de envelhecimento e degradação do isolamento. Além da inferência do nível de envelhecimento dos materiais, a técnica também pode indicar irregularidades diversas, como a existência de defeitos que produzem descargas parciais, infiltração de água, arborescências, entre outros.

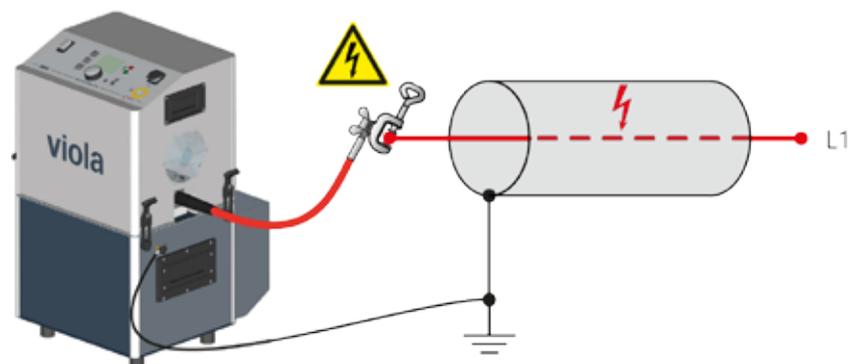
Os ensaios são executados por meio da aplicação de tensão elétrica aos isolamentos em frequência VLF de diferentes níveis de tensão, geralmente entre  $0,5U_0$  e  $2U_0$ , por apenas poucos minutos. Em cada nível de

tensão, medições sequenciais são realizadas para avaliação do comportamento médio do tangente delta e de sua estabilidade. A norma de referência mais amplamente utilizada com esse propósito é o guia IEEE 400.2 - 2013. Nesta norma, o comportamento do tangente delta em função do nível de tensão aplicada também é um importante parâmetro de análise. Assim como em outros métodos offline, um dos requisitos para realização dos ensaios é a desconexão das terminações dos cabos.

#### Mas, afinal, o que é tangente delta?

Um cabo isolado é um sistema capacitivo, pois apresenta dois condutores (condutor principal e a blindagem metálica) com um

meio isolante entre eles. Desse modo, quando uma tensão é aplicada ao material, ambos os eletrodos se apresentam polarizados e a energia potencial é armazenada no campo elétrico. Um capacitor perfeito simplesmente armazena esta energia sem nenhum tipo de perda, sem produção de calor ou qualquer outro efeito. Esta energia, em princípio, poderia ser utilizada totalmente, em ocasião futura, ao descarregar o capacitor perfeito. No entanto, todo material real apresenta uma certa perda de energia durante o processo de polarização e despolarização, seja por aquecimento, seja ou por qualquer outro mecanismo. Esta dissipação de energia pode ser muito pequena para determinados arranjos, mas sempre existe. Um cabo se



**Figura 1 - Esquema do arranjo utilizado para execução dos ensaios de tangente delta.**

As melhores soluções em materiais elétricos de média tensão a **Exponencial** disponibiliza para o mercado.



- ✕ Luminárias públicas LED;
- ✕ Cabos de cobre nu, flexíveis e isolados;
- ✕ Preformados;
- ✕ Cabos de alumínio nu, multiplexados, protegidos e isolados;
- ✕ Isoladores, chaves, para-raios, cruzetas, dutos corrugados;
- ✕ Rede de distribuição aérea e subterrânea.

**(31) 3317-5150**

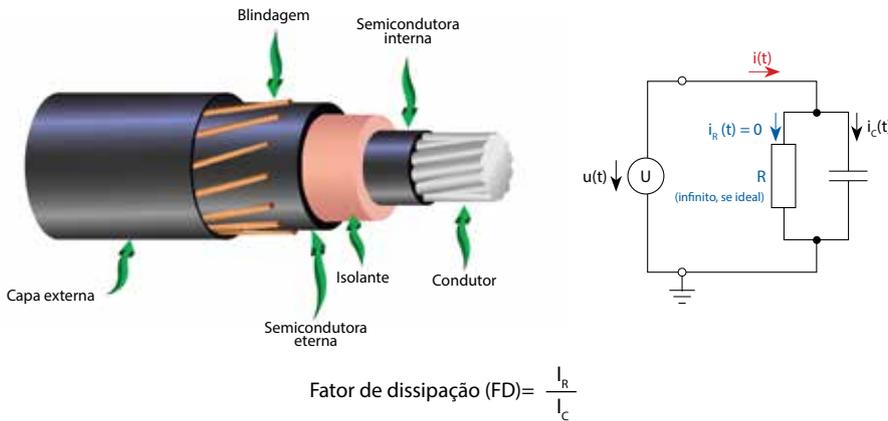
Rua Titânio 153 – Camargos - BH/MG  
 vendas@exponencialmg.com.br

**exponencialmg**

[www.exponencialmg.com.br](http://www.exponencialmg.com.br)

Produtor Homologados **CEMIG**

Compre com seu cartão



$$\text{Fator de dissipação (FD)} = \frac{I_R}{I_C}$$

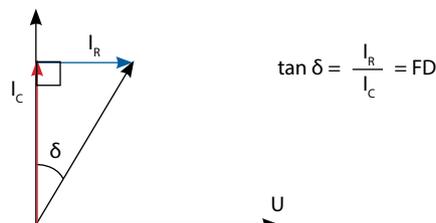
**Figura 2 - Estrutura de um cabo isolado em média tensão.**

comporta como um capacitor real e quanto mais envelhecido está o isolamento maior será a dissipação de energia neste processo. O circuito elétrico equivalente para o isolamento de um cabo é mostrado na Figura 2.

Considerando um cabo sadio submetido a uma diferença de potencial, uma corrente elétrica fluirá na direção do vetor do campo elétrico. A corrente elétrica possuirá dois componentes, o capacitivo e o resistivo. A resistência do isolamento é muito elevada para um cabo sadio, de modo que o componente resistivo da corrente elétrica será muito pequeno (conforme Lei de Ohm). O tangente delta/fator de perdas dielétricas, também conhecido como fator de dissipação, é definido como a razão entre os componentes, o resistivo e o capacitivo (veja Figura 3). Quanto mais envelhecido e desgastado o isolamento, menor será a sua resistência e, portanto, maior será o fator de dissipação (sinônimo para o tangente delta).

Os componentes da corrente elétrica podem ser representados em um diagrama fasorial, conforme exibe a Figura 3 (lembrando que a corrente elétrica resistiva se apresenta sempre em fase com a tensão aplicada e a corrente elétrica capacitiva com uma defasagem de 90 graus). Como os componentes do vetor corrente elétrica,

capacitivo e resistivo, não apontam na mesma direção, é possível construir um triângulo retângulo, conforme indicado na Figura 3, em que o tangente do ângulo delta formado com o eixo vertical é exatamente a definição do fator de dissipação.



$$\tan \delta = \frac{I_R}{I_C} = \text{FD}$$

**Figura 3 - Diagrama fasorial dos componentes da corrente elétrica em um cabo isolado.**

O sistema de isolamento do cabo, conforme é submetido a ciclos térmicos ou mantido em operação por tempo prolongado, apresentará envelhecimento e degradação naturais. A rigidez dielétrica do isolamento irá diminuir ao longo do tempo e é correlacionada ao tangente delta, de modo que a estratégia consiste em monitorar o tangente delta, com medições periódicas, para acompanhamento preditivo, permitindo a inferência da qualidade dos isolamentos e risco de falhas.

No próximo artigo vamos entender melhor o fenômeno das descargas parciais nos cabos isolados. Até lá!



**José Starosta é diretor da Ação Engenharia e Instalações e membro da diretoria do Deinfra-Fiesp e da SBQEE.**  
jstarosta@acaoenge.com.br



## Nem sempre a culpa é da distribuidora

De forma intuitiva qualquer evento de qualidade da energia notado ou mesmo registrado pelas equipes de operação e manutenção nas plantas industriais ou prédios comerciais e serviços é devido a falhas de fornecimento da distribuidora local. Talvez a maioria das VTCDs (variações de tensão de curta duração) e das interrupções de fornecimento até seja, contudo, em alguns casos, a causa está mesmo dentro de casa.

A qualidade da energia está intimamente relacionada à potência de curto-circuito na alimentação das cargas. Quanto maior for a potência de curto-circuito, melhor será a regulação de tensão verificada na instalação. Ao contrário, quanto maior for a impedância da fonte vista pela carga, o sistema tenderá a ser mais instável, com efeitos na regulação de tensão. Essa situação de alta impedância de fonte contribuirá para aumentar as distorções harmônicas de tensão na alimentação na carga e os afundamentos de tensão devidos ao consumo instantâneo de energia reativa de cargas e acionamento que possuam essas características.

Tal constatação foi verificada em uma instalação de prédio de serviços com sistema central de climatização composto por chillers e acessórios (central água gelada-CAG) localizado na cobertura de um edifício.

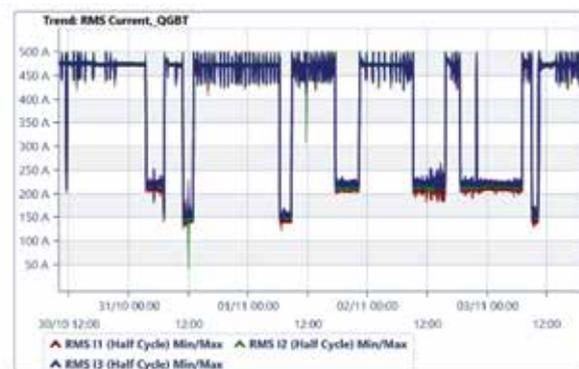
Para o entendimento da situação foram efetuadas medições elétricas com instrumento classe A com taxa de aquisição de 256

amostras por ciclo e integração de valores eficazes a cada 1/2 ciclo no ponto de conexão com a distribuidora e no ponto de instalação da carga (CAG na cobertura).

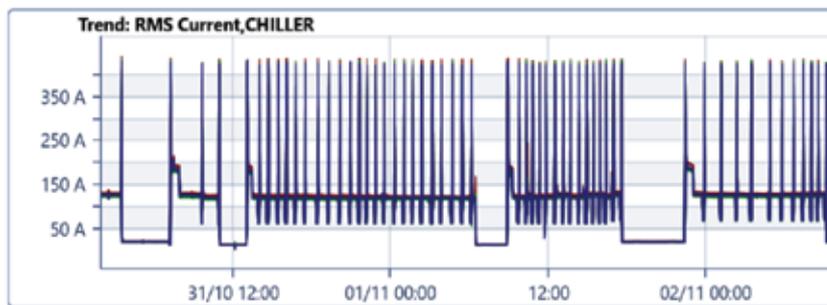
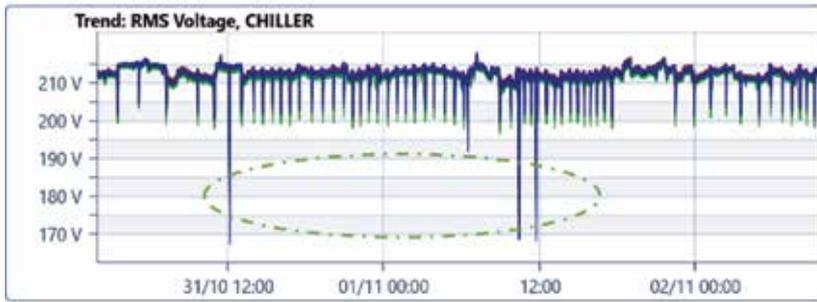
Apesar de o fornecimento da distribuidora apresentar regularidade e conformidade ao Módulo 8 do Prodlist nos quesitos das tensões em regime permanente, distorções de tensão e mesmo VTCDs, o mesmo comportamento não foi verificado na medição junto à carga na cobertura do edifício.

As figuras que se seguem ilustram os fatos registrados:

- As Figuras 1a e 1b ilustram o comportamento das tensões e correntes no Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT), junto ao ponto de conexão com a distribuidora. A área indicada (pontilhada) na Figura 1a indica afundamentos de origem externa (distribuidora).
- As Figuras 2a e 2b ilustram o comportamento da tensão e da corrente no painel geral de alimentação do chiller (CAG). O que se observa nos registros de tensão na alimentação do chiller é que, devido aos picos de corrente por conta das sucessivas partidas dos compressores, ocorrem simultaneamente os afundamentos de tensão que atingem o grau de imunidade da instrumentação de outras cargas auxiliares alimentadas pela mesma fonte causando por vezes o desligamento. A indicação pontilhada na Figura 2a é a mesma da Figura 1a e os outros



**Figuras 1a e 1b – Regime permanente tensão e corrente no QGBT.**



Figuras 2a e 2b – Comportamento da tensão e da corrente na alimentação do chiller.

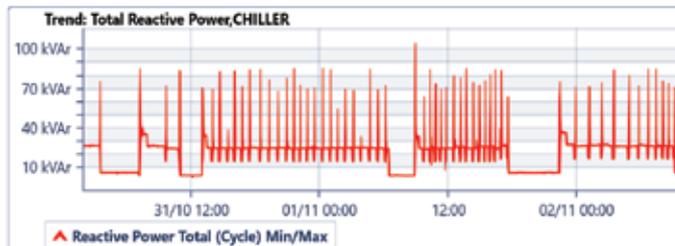


Figura 3 – Potência reativa consumida pelo chiller.

afundamentos de tensão verificados são de origem da carga (razões internas). A Figura 3 indica o registro da potência reativa consumida pelo chiller nas sucessivas partidas, simultâneas e relacionadas aos picos de corrente e afundamentos de tensão.

### Conclusões e recomendações

- 1 - As medições apontaram para picos de potência reativa devido às partidas diretas dos compressores dos chillers, ocasionando afundamentos de tensão no barramento da CAG (VTCD);
- 2 - Os eventos ocorrem em regime transitório ocasionando desligamento de cargas auxiliares alimentadas no mesmo barramento dos chillers;
- 3 - Soluções de correção estão relacionadas à implantação de acionamentos adequados nos chillers ou compensação estática de energia reativa com tempo de resposta adequado no barramento de alimentação;
- 4 - Tudo indica que a instalação de um trafo elevador não trará bons resultados devido à sua própria impedância, podendo trazer ainda sobretensões em regime sem pico de corrente da carga;
- 5 - Solução paliativa pode considerar a reavaliação da imunidade das cargas auxiliares alimentando seus controles com UPS auxiliar se assim for permitido por elas com eventual operação em tensão abaixo do limite nominal, exposto a falhas eventuais.

**PENSOU EM QUALIDADE,  
PENSOU**

**ação engenharia  
e instalações**

**DFR**



**G5DFR**

Gravador Classe A modular, IEC 61850 Sincrofasores Classe M e P, COMTRADE.

**QUALIDADE  
DE ENERGIA**

**G4400**

Qualímetro Classe A com 01 ano de gravação sem trigger, 1024 amostras por ciclo.



**COMPENSADORES**

**EQUALIZER/  
ACTIVAR**

Compensadores estáticos de energia reativa com filtro de harmônicas. Alto desempenho.



**SOLUÇÕES EM PROJETOS,  
PRODUTOS E SERVIÇOS**

**VENDA E LOCAÇÃO  
DE EQUIPAMENTOS**



**ação engenharia  
e instalações®**

FALE  
CONOSCO

**(11) 3883-6050**  
orcamento@acaoenge.com.br



**Roberval Bulgarelli é engenheiro eletricista. Mestrado em Proteção de Sistemas Elétricos de Potência pela POLI/USP. Consultor sobre equipamentos e instalações em atmosferas explosivas. Representante do Brasil no TC-31 da IEC e no IECEx. Coordenador do Subcomitê SCB 003:031 (Atmosferas explosivas) do Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-003/COBEI). Condecorado com o Prêmio Internacional de Reconhecimento IEC 1906 Award. Organizador do Livro "O ciclo total de vida das instalações em atmosferas explosivas".**



## Novos requisitos de avaliação da conformidade de produtos elétricos e eletrônicos “Ex” – Portaria Inmetro 115/2022

Foi publicada em 21/03/2022 a Portaria Inmetro 115/2022, contendo os novos Requisitos de Avaliação da Conformidade para equipamentos de instrumentação, de automação, de telecomunicações e elétricos “Ex”, para instalação ou utilização em atmosferas explosivas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis.

Podem ser citados como exemplos destes equipamentos “Ex”, fixos, móveis ou pessoais ou portáteis: luminárias Led, tomadas e plugues, painéis de distribuição de circuitos de força e automação, motores elétricos, botoeiras locais de comando, estações locais de controle, telefones celulares, walkie-talkies, tablets, robots, wearables, roteadores de Wi-Fi, câmeras de TV, câmeras fotográficas, equipamentos de medição, equipamentos de testes e instrumentos sensores, atuadores, posicionadores, detectores de gases e analisadores de processo.

A certificação destes produtos “Ex” é considerada obrigatória (compulsória) no Brasil desde 1991. Os equipamentos “Ex” devem possuir uma certificação de conformidade emitida por terceira parte, por meio de um Organismo de Certificação “Ex” acreditado pelo Inmetro. São incluídos neste tipo de certificação compulsória todos os equipamentos “Ex” de instrumentação, de automação, de telecomunicações ou elétricos para serem instalados ou utilizados em áreas classificadas contendo gases inflamáveis (Zona 0, Zona 1 ou Zona 2) ou contendo poeiras combustíveis (Zona 20, Zona 21 ou Zona 22).

Um dos principais objetivos deste tipo de certificação compulsória é proporcionar aos usuários e proprietários de equipamentos e instalações “Ex” a necessária CONFIANÇA de que os equipamentos “Ex” foram fabricados, avaliados, ensaiados e certificados, podendo ser desta forma considerados “seguros” para instalação em áreas classificadas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis, sem o risco de representarem uma indevida fonte de ignição, o que poderia causar acidentes ou explosões de consequências catastróficas.

Uma das principais motivações do Inmetro para a emissão de um RAC “Ex” em 2022 foi a necessidade de alinhamento com os Requisitos Gerais de Certificação de Produtos (RGCP), publicado em 29/04/2021 pela Portaria Inmetro 200/2021. No “RGCP” o termo “produto” é aplicável a equipamentos, componentes, sistemas, serviços ou processos produtivos.

Desta forma não foram revisados neste RAC “Ex” de 2022 os principais ou



fundamentais requisitos já indicados no RAC “Ex” publicado em 2010, sendo feitas algumas alterações pontuais para alinhamento e harmonização o RGCP e com outros RACs compulsórios publicados pelo Inmetro para outros tipos de produtos.

São indicados a seguir alguns dos principais pontos de destaque deste RAC “Ex” 2022, em relação ao RAC “Ex” anterior, que havia sido publicado em 2010:

**1 -** Foi incorporada a atualização das edições das normas técnicas brasileiras adotadas da série ABNT NBR IEC 60079 ou de normas internacionais IEC. Assim, os fabricantes de produtos “Ex”, os laboratórios de ensaios “Ex” e os Organismos de Certificação “Ex” podem aplicar os requisitos das atuais normas técnicas aplicáveis, não mais ficando restritos aos requisitos das “antigas”

normas vigentes em 2010 (época de publicação do RAC “Ex” vigente até então);

**2 -** O prazo de validade dos certificados de conformidade “Ex” é de SEIS anos, contados a partir da data da sua emissão, alinhando com o mesmo prazo indicado em RAC compulsórios emitidos para outros tipos de produtos. A periodicidade das auditorias e ensaios de manutenção é de 18 meses, contados da data de concessão do certificado “Ex”. Os certificados “Ex” anteriormente emitidos com base na Portaria 179/2010 devem ser revisados na próxima etapa de avaliação, dentro do seu período de validade, para referenciar a Portaria 115/2022;

**3 -** Foi mantida a possibilidade de emissão de um certificado de conformidade “Ex” “nacional” com base na análise, por parte de um Organismo de Certificação “Ex” nacional, de um Relatório de Ensaio “Ex” (ExTR) emitido por um Laboratório de Ensaios “Ex” (ExTL) reconhecido pelo IECEx (Sistema internacional da IEC para a avaliação da conformidade de competências pessoais “Ex”, empresas de serviços “Ex” e equipamentos elétricos e mecânicos “Ex”), sem a necessidade de repetição de ensaios “Ex”. Este tipo de sistemática, conhecida como fast track, utilizada em diversos países do mundo, tem por objetivo acelerar o processo de emissão de certificados de conformidade “nacionais” e a redução dos seus custos, tendo como base documentos emitidos dentro do sistema internacional IECEx, que tem o apoio das Nações Unidas;

**4 -** Modelo de certificação de produtos “Ex” importados em “pequenas quantidades”: O termo DIPQ (Declaração de Importação em Pequenas Quantidades), indicado no RAC “Ex” de 2006, que havia sido substituído pelo termo CSE (Certificação de Situações Especiais), indicado no RAC “Ex” de 2010, passou a ser indicado neste atual RAC “Ex” de 2022 como SPI (Situação para Produto Importado). Neste modelo “simplificado” SPI de certificação “Ex”, um organismo de certificação “Ex” acreditado pelo Inmetro faz a avaliação de certificados de conformidade e de certificados de sistemas de gestão da qualidade do fabricante, emitidos nos países de origem ou em outros sistemas nacionais, regionais ou internacionais de certificação “Ex”, como ATEX ou IECEx. A quantidade máxima de importação em pequenas quantidades destes produtos “Ex” é de 20 unidades por semestre;

**5 -** Requisitos de Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) para os fabricantes de produtos “Ex”: Os requisitos indicados no Anexo B (Requisitos técnicos adicionais para a avaliação do sistema da qualidade) do RAC “Ex” de 2010 foram incorporados no Anexo A do RAC “Ex” de 2022, como por exemplo nas Seções de Planejamento da realização do produto, Verificação do produto adquirido e Identificação e rastreabilidade, contém requisitos específicos de avaliação da qualidade de produtos “Ex”, que são adicionais aos requisitos da Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR ISO 9001 (Sistemas de gestão da qualidade - Requisitos);

**6 -** Equipamentos sem certificação instalados em Zonas 2 ou 22. De acordo com o Parágrafo 2 - Subitem III da Portaria Inmetro 115/2022, estão excluídos dos requisitos do RAC “Ex” de 2002 os equipamentos sem certificação “Ex”, não destinados à instalação em atmosferas explosivas, mesmo que sejam instalados em áreas com Zonas 2 ou 22. Em casos de instalação de equipamentos elétricos ou eletrônicos em áreas classificadas sem certificação, a análise de risco sobre esta instalação é de inteira responsabilidade dos respectivos usuários ou proprietários das instalações ou de equipamentos de instrumentação, automação, telecomunicações ou elétricos em atmosferas explosivas;

**7 -** Responsabilidade pela segurança das instalações “Ex”: Foi mantida neste RAC “Ex” 2022 a obrigatoriedade de inclusão, em todos os certificados

de conformidade de produtos “Ex”, emitidos por todos os organismos de certificação “Ex” para todos os fabricantes de produtos “Ex” a “NOTA PADRONIZADA” sobre a responsabilidade sobre os serviços de campo a serem executados pelos usuários ou proprietários de equipamentos e instalações de instrumentação, de automação, de telecomunicações e elétricas em atmosferas explosivas: “As atividades de instalação, inspeção, manutenção, reparo, revisão e recuperação dos equipamentos são de responsabilidade dos usuários e devem ser executadas de acordo com os requisitos das normas técnicas vigentes, observando as recomendações e restrições fornecidas pelo fabricante”.

Esta “NOTA PADRONIZADA” sobre a responsabilidade das instalações “Ex” ser dos usuários ou proprietários dos equipamentos e instalações “Ex” pode ser considerada de fundamental importância, na medida que somente a certificação de equipamentos de automação, instrumentação, telecomunicações, elétricos e mecânicos “Ex” tem se mostrada insuficiente para garantir a segurança das instalações “Ex”. Isto se deve ao fato de que os equipamentos “Ex” certificados perdem as suas características de proteção nos casos em que são indevidamente submetidos a serviços incorretos de campo de instalação, inspeção, manutenção ou recuperação, ao longo do seu ciclo total de vida. Por estes motivos a avaliação da conformidade por meio da certificação não pode ficar “restrita” aos equipamentos “Ex”, devendo ser aplicada também para as empresas de serviços “Ex” e para as competências pessoais “Ex” dos profissionais envolvidos com a execução ou supervisão de serviços de campo.

Sob o ponto de vista dos usuários e proprietários de equipamentos de instrumentação, de automação, de telecomunicações e elétricos “Ex”, continua a necessidade básica de exigir dos fornecedores e fabricantes de produtos “Ex” a apresentação dos respectivos certificados de conformidade “Ex”, emitidos por Organismos de Certificação “Ex” nacionais.

Certificação de equipamentos MECÂNICOS “Ex”: Em função das “limitações” ou “restrições” sobre a possibilidade de revisão, atualização ou inclusão de “novos” requisitos neste RAC “Ex” de 2022 do Inmetro, em relação ao RAC “Ex” de 2010, não foram incluídos, nesta oportunidade, os requisitos de certificação de equipamentos mecânicos “Ex”, apesar da existência desde 2018 das Normas Técnicas Brasileiras adotadas aplicáveis: ABNT NBR ISO/IEC 80079-34 (Atmosferas explosivas – Parte 34: Requisitos de gestão da qualidade para fabricantes de produtos elétricos e mecânicos “Ex”), ABNT NBR ISO 80079-36 (Tipo de proteção Ex “h”) e ABNT NBR ISO 80079-37 (Tipos de proteção Ex “b”, Ex “c” e Ex “k”).

Deve ser ressaltado que sob o ponto de vista de segurança das instalações elétricas e mecânicas em atmosferas explosivas, de acordo com a Norma Regulamentadora NR-37 (Segurança e saúde em plataformas de petróleo), publicada pelo Ministério do Trabalho em 2018 e atualizada em 2022, é requerida a avaliação de equipamentos mecânicos “Ex” instalados em áreas classificadas de plataformas de petróleo, por parte dos respectivos usuários ou proprietários dos equipamentos e instalações, por meio de documentos de primeira, segunda ou terceira parte, com base nas Normas Técnicas Brasileiras adotadas ABNT NBR ISO 80079-36 e ABNT NBR ISO 80079-37.

A Portaria Inmetro 115/2022 contendo o RAC “Ex” 2022 está disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-115-de-21-de-marco-de-2022-388650568>



Por Cláudio Mardegan, engenheiro eletricista com 41 anos de experiência em proteção e análise de sistema. É autor do livro *A Proteção e a Seletividade em Sistemas Elétricos Industriais*, palestrante no CINASE e membro sênior do IEEE. Atualmente, é CEO da Engepower.

## ENERGIA INCIDENTE: UMA AVALIAÇÃO QUE VEIO PARA FICAR

Desde o surgimento do relé eletromecânico de disco de indução, a natureza e os efeitos dos arcos elétricos foram sendo conhecidos. Isto ocorreu em 1955.

Na década de 1980, Ralph Lee mostrou que não era apenas choque elétrico que matava trabalhadores em eletricidade, mas também as queimaduras. A partir daí muitas outras pesquisas foram surgindo, entre elas, a de que para não se ter queimadura de segundo grau a energia incidente deveria ser de 1.2 cal/cm<sup>2</sup>. Então, desenvolveram-se também a tecnologia e as normas das vestimentas, surgindo o ATPV (Arc Thermal Performance Value), que indicava um valor de cal/cm<sup>2</sup> (que é maior do que a energia incidente) que garantia as calorias/cm<sup>2</sup> calculadas baseado no desempenho do tecido. Por este motivo, a importância da realização dos estudos de energia incidente (Arc Flash).

Surgiram também vários papers sobre como calcular a energia incidente, porém, todos eles levavam a vestimentas extremamente conservadoras. Em 2002 surge a primeira edição do IEEE Std 1584, norma que mostra os procedimentos

de cálculo da energia incidente. Nesta edição, foi dado um tratamento mais acurado ao cálculo da energia incidente na baixa tensão. No entanto, na média tensão, o cálculo ainda era conservador (método de Ralph Lee). Em novembro de 2018, surge a segunda edição da norma IEEE Std 1584, em que, ao invés de 300 ensaios realizados na versão de 2002, foram realizados 1800 ensaios entre baixa e média tensão, tornando o processo estatístico de cálculo da energia incidente muito mais robusto.

O arco elétrico em painéis elétricos apresenta um montante de energia incidente sobre o trabalhador muito maior do que ao ar livre (open air). Os ensaios feitos para a edição de 2018 mostram também que, quanto menor o painel, a nuvem de plasma sobre o trabalhador aumenta - o arco fica concentrado todo em uma região.

Outras tecnologias foram agregadas aos painéis para minimizar os riscos/efeitos de arco elétrico tais como:

- Encapsulamento dos barramentos;
- Relé monitor de arco fotossensível;
- Painéis resistentes a arco;

- Painéis isolados a gás;
- Arc quenching devices.

É importante notar que, mesmo adquirindo painéis arco-resistentes, a utilização de relés monitores de arco irá minimizar os danos internos ao painel e assim diminuir o MTTR (mean time to repair).

Atualmente, no Brasil, já existe um grupo formado na ABNT para a elaboração de uma norma sobre energia incidente, mas não apenas para trazer um método de cálculo dessa energia, mas sim, uma norma que possa abranger outros aspectos, como placas de advertências específicas para arco, vestimentas, dispositivos e a gestão da energia incidente. Esse grupo foi formado inicialmente por consultores, concessionárias, pesquisadores, fabricantes de relés e de vestimentas, indústrias, mas é aberto a todos que desejem participar.

É extremamente importante a conscientização de todos sobre esta filosofia para preservarmos a vida dos trabalhadores que atuam com eletricidade.



# SOLUÇÕES ESPECIAIS PARA DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA.

*Transformadores de distribuição para Energia Solar  
fabricados sob medida para o seu projeto.*



Av. Sérgio Abdul Nour . 2106  
Distrito Industrial II  
CEP 14900 000 . Itápolis . SP . Brasil  
+55 16 3263 9400  
[itaiputransformadores.com.br](http://itaiputransformadores.com.br)



**Ação Engenharia 77**

(11) 3883-6050

[www.acaoengenharia.com.br](http://www.acaoengenharia.com.br)**Brametal 15**

(48) 3461-9300

[www.brametal.com.br](http://www.brametal.com.br)**BRVAL 14**

(21) 3812-3100

[www.brval.com.br](http://www.brval.com.br)**Carthom's 65**

(19) 3466-8600

[www.carthoms.com.br](http://www.carthoms.com.br)**Clamper 7, Fascículos e Espaço Aterramento**

(31) 3689-9500

[www.clamper.com.br](http://www.clamper.com.br)**Cobrecom 16**

(11) 2118-3200

[www.cobrecom.com.br](http://www.cobrecom.com.br)**Condumax 31**

0800 701 3701

[www.condumax.com.br](http://www.condumax.com.br)**Embrastec 47**

(16) 3103-2021

[www.embrastec.com.br](http://www.embrastec.com.br)**Engerey 35**

(41) 3022-3050

[www.engerey.com.br](http://www.engerey.com.br)**Exponencial 75**

(31) 3317-5150

[www.exponencialmg.com.br](http://www.exponencialmg.com.br)**Gazquez 41**

(11) 3380-8080

[www.gazquez.com.br](http://www.gazquez.com.br)**Gimi Soluções 2ª capa e Fascículos**

(11) 2532-9825

[www.gimi.com.br](http://www.gimi.com.br)**Hellermann Tyton 45**

(11) 99610-6060

[www.hellermanntyton.com.br](http://www.hellermanntyton.com.br)**Incesa 31**

0800 770 3228

[www.incesa.com.br](http://www.incesa.com.br)**Intelli 4ª capa**

(16) 3820-1500

[www.grupointelli.com.br](http://www.grupointelli.com.br)**Itaipu Transformadores 81**

(16) 3263-9400

[www.itaiputransformadores.com.br](http://www.itaiputransformadores.com.br)**Kitframe 43**

(55) 4613-4555

[www.kitframe.com](http://www.kitframe.com)**Mitsubishi Electric 3ª capa**

(11) 4689-3000

[www.mitsubishielectric.com.br/ia](http://www.mitsubishielectric.com.br/ia)**Paratec 70**

(11) 3641-9063

[www.paratec.com.br](http://www.paratec.com.br)**Polar Componentes Brasil 59**

(22) 2105-7777

[www.polarb2b.com](http://www.polarb2b.com)**Prysmian Group 29**

(15) 3500-0530

[www.prysmiangroup.com.br](http://www.prysmiangroup.com.br)**Romagnole 69**

(44) 3233-8500

[www.romagnole.com.br](http://www.romagnole.com.br)**S&C 27**

(41) 9687-9222

[www.sandc.com](http://www.sandc.com)**Trael 11 e Fascículos**

(65) 3611-6500

[www.trael.com.br](http://www.trael.com.br)**Zettatecck 49**

(19) 3321-8400

[www.zettatecck.com.br](http://www.zettatecck.com.br)

## Solução completa em dispositivos de proteção, comando e medição elétrica



### Qualidade japonesa com ótimo custo-benefício na sua instalação

Referência mundial em automação industrial, a Mitsubishi Electric fornece também produtos e soluções para proteção elétrica de instalações, que podem ser aplicados em diversos segmentos, de grandes indústrias e edifícios a painéis e residências, inclusive no canteiro de obras.

Nossa família de produtos de baixa tensão é composta por disjuntores, contadores, relés de sobrecarga e multimedidores. São mais de cinco mil itens fabricados no Japão, de fácil instalação e manutenção, além de alta qualidade, confiabilidade e custo-benefício. São disjuntores até 6.300A e partidas de motores até 800A que seguem as principais normas internacionais de segurança, atendendo inúmeros clientes ao redor do mundo.

No Brasil, contamos com uma vasta rede de distribuidores e integradores de sistemas devidamente treinados e prontos para atendê-lo tanto em novas instalações como em retrofits. Acesse os nossos canais de comunicação e conheça mais.

 [mitsubishielectric.com.br/ia](http://mitsubishielectric.com.br/ia)

 (11) 4689-3000

 [mitsubishielectric.com.br/facebook](https://www.facebook.com/mitsubishielectric.com.br/facebook)

 [mitsubishielectric.com.br/instagram](https://www.instagram.com/mitsubishielectric.com.br/instagram)

 [mitsubishielectric.com.br/linkedin](https://www.linkedin.com/company/mitsubishielectric.com.br/linkedin)

 [mitsubishielectric.com.br/youtube](https://www.youtube.com/mitsubishielectric.com.br/youtube)



Leia o QR Code e  
conheça nossos  
Cursos Online gratuitos



# ICALi-XP

CABO DE ALUMÍNIO BAIXA TENSÃO



Indicado para instalações de baixa tensão em geral, como **indústrias e parques solares**.



Isolado com XLPE/PVC-ST2

Norma: NBR-7287

0,6/1 (1,2) kVca  
0,9/1,5 (1,8) kVcc

**> 50%** DE ECONOMIA  
EM RELAÇÃO AO  
CABO DE COBRE\*

\*Mesmo com compensação de bitola (entre cobre/alumínio).



# TBTA

TERMINAL BIMETÁLICO À COMPRESSÃO



Ideal para conexão de cabos de alumínio em barramentos de cobre.



Evita a formação de corrosão galvânica.

Norma: ABNT NBR-5370 / NBR-11788



Siga-nos nas redes sociais.

/grupo-intelli /grupointelli /grupo\_intelli /grupointelli

GRUPO  
**INTELLI**

WWW.GRUPOINTELLI.COM.BR