

REVISTA

# o setor elétrico

Ano 19 - Edição 207 / Novembro-Dezembro de 2024

## SEGUINDO TENDÊNCIA GLOBAL, MERCADO AUTOMOTIVO BRASILEIRO AVANÇA NA ELETRIFICAÇÃO DA FROTA

Crescimento lento da infraestrutura de recarga, alto custo e limitações tecnológicas de armazenamento são principais entraves para desenvolvimento do setor

**ARTIGO TÉCNICO: O ADENSAMENTO DA CADEIA PRODUTIVA DO SETOR NUCLEAR PODE GERAR MAIS EMPREGOS E RENDA PARA OS BRASILEIROS**

**CINASE: TENDÊNCIAS E DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DO SETOR ELÉTRICO SÃO DEBATIDOS EM BRASÍLIA**

COM MAIS DE 1.200 PARTICIPANTES, CIRCUITO NACIONAL DO SETOR ELÉTRICO OCORREU ENTRE OS DIAS 6 E 7 DE NOVEMBRO, NO CORAÇÃO DA CAPITAL FEDERAL

# TEMOS A SOLUÇÃO COMPLETA PARA A SUA INSTALAÇÃO



CUBÍCULO BLINDADO MODULAR  
CLASSE 17,5kV/16kA  
**LINHA NEW PICCOLO®**



PAINÉIS DE DISTRIBUIÇÃO DE  
BAIXA TENSÃO CLASSE 750/1000V  
**LINHA NOTTABILE®**



CUBÍCULO BLINDADO MODULAR  
COM ISOLAÇÃO MISTA EM SF6  
ATÉ 36kV  
**LINHA MICROCOMPACT®**



CABINES PRIMÁRIAS  
PADRÃO CONCESSIONÁRIA  
HOMOLOGADAS POR TODO  
O BRASIL, NAS TENSÕES 15kV,  
24kV E 36kV.



CUBÍCULO BLINDADO MODULAR  
COM ISOLAÇÃO INTEGRAL EM SF6  
OU SF6 FREE ATÉ 36kV  
**LINHA GB-RING® | RMU**



BARRAMENTO BLINDADO  
DE BAIXA E MÉDIA TENSÃO  
**LINHA BX - E® | LINHA BX - MT®**

CONHEÇA OS SERVIÇOS DA



- Instalação de barramentos blindados.
- Parametrização e comissionamento de relés de proteção;
- Estudo de seletividade;
- Manutenção de cabines primárias, painéis de baixa tensão,
- Comissionamento e startup de painéis em obra; barramentos blindados.

+55 (11) 4752-9900

grupogimi.com.br

vendas@gimi.com.br

GRUPO GIMI

PARA MAIORES  
INFORMAÇÕES







Atitude.editorial

#### Diretores

Adolfo Vaiser - [adolfo@atitudeeditorial.com.br](mailto:adolfo@atitudeeditorial.com.br)

Simone Vaiser - [simone@atitudeeditorial.com.br](mailto:simone@atitudeeditorial.com.br)

#### Editor - MTB - 0014038/DF

Edmilson Freitas - [edmilson@atitudeeditorial.com.br](mailto:edmilson@atitudeeditorial.com.br)

#### Coordenação de conteúdo e pauta

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

#### Reportagem

Matheus de Paula - [matheus@atitudeeditorial.com.br](mailto:matheus@atitudeeditorial.com.br)

#### Marketing e mídias digitais

Henrique Vaiser - [henrique@atitudeeditorial.com.br](mailto:henrique@atitudeeditorial.com.br)

Leticia Benicio - [leticia@atitudeeditorial.com.br](mailto:leticia@atitudeeditorial.com.br)

#### Pesquisa e circulação

Inês Gaeta - [ines@atitudeeditorial.com.br](mailto:ines@atitudeeditorial.com.br)

(11) 93370-1740

#### Assistente Administrativa

Maria Elisa Vaiser - [mariaelisa@atitudeeditorial.com.br](mailto:mariaelisa@atitudeeditorial.com.br)

#### Administração

Roberta Mayumi - [administrativo@atitudeeditorial.com.br](mailto:administrativo@atitudeeditorial.com.br)

#### Comercial

Adolfo Vaiser - [adolfo@atitudeeditorial.com.br](mailto:adolfo@atitudeeditorial.com.br)

(11) 98188 – 7301

Willyan Santiago - [willyan@atitudeeditorial.com.br](mailto:willyan@atitudeeditorial.com.br)

(11) 98490 – 3718

#### Diagramação

Leonardo Piva - [atitude@leonardopiva.com.br](mailto:atitude@leonardopiva.com.br)

#### Colaboradores da publicação:

Nivalde de Castro, Vitor Santos, Priscila Santos, Paulo Henrique Vieira Soares, Douglas Gabriel Antônio de Oliveira Gomes, Joel David Melo Trujillo, Richard Wilcamango Salas, João Paulo Carretto, Jader Kayque Marques de Campos, Aguinaldo Bizzo de Almeida, Paulo Barreto, Marcos Rogério, Paulo Edmundo Freire da Fonseca, Raul Lycurgo Leite, Frederico Carbonera Boschin, Cláudio Mardegan, Luciano Rosito, Roberval Bulgarelli, José Barbosa, Nunziante Graziano, José Starosta, Daniel Bento, Danilo de Souza e Caio Huais.

#### Fale conosco

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

Tel.: (11) 98433-2788

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: [istockphoto.com](https://www.istockphoto.com) | WANAN YOSSINGKUM

Impressão - Gráfica Grafilar

Distribuição - Correios

Atitude Editorial Publicações Técnicas Ltda.

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

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

Filial à

**anatec**

## 4 Editorial

Desafios e perspectivas para o setor elétrico em 2025

## 8 Cobertura especial

Tendências e desafios para o desenvolvimento do setor elétrico são debatidos em Brasília

### Fascículos

14 Transição Energética e ESG

22 Transformação digital no setor elétrico

26 Digitalização de subestações e energias renováveis

34 Perdas energéticas em GTD

### 42 Por Dentro das Normas

Aguinaldo Bizzo – NR 10 / Paulo Barreto - NBR 5410 / Marcos Rogério - NBR 14039

### 46 Espaço Aterramento

Medições em solos de alta resistividade

### 48 Espaço Abradee

Sustentabilidade

## 50 Reportagem

Seguindo tendência global, mercado automotivo brasileiro avança na eletrificação da frota

### 56 Artigo Técnico

O adensamento da cadeia produtiva do setor nuclear pode gerar mais empregos e renda para os brasileiros. Por Raul Lycurgo Leite

## Colunas

62 Frederico Boschin - Conexão Regulatória

64 Cláudio Mardegan – Análise de Sistemas Elétricos

66 Luciano Rosito – Iluminação Pública

68 Roberval Bulgarelli – Instalações EX

70 Aguinaldo Bizzo – Segurança do Trabalho

72 José Barbosa – Proteção contra raios

74 Nunziante Graziano – Quadros e painéis

75 José Starosta – Energia com Qualidade

76 Daniel Bento – Redes Subterrâneas em Foco

78 Danilo de Souza – Energia, Ambiente & Sociedade

80 Caio Cezar Neiva Huais – Manutenção 4.0

# Desafios e perspectivas para o setor elétrico em 2025

**B**astante conturbado, o ano de 2024 trouxe à tona as vulnerabilidades do setor elétrico brasileiro, em meio a um cenário cada vez mais impactado por eventos climáticos extremos. Tempestades intensas, secas prolongadas e picos de calor testaram a capacidade do sistema de geração, transmissão e distribuição de energia do país. E o resultado disso, não foi nada positivo: apagões prolongados em diversos estados; destruição da infraestrutura da eletricidade, em especial no Rio Grande do Sul; e falhas em redes de transmissão, resultando em grande perturbação e prejuízos incontáveis para grandes massas de consumidores.

À medida que 2025 se aproxima, a mensagem é clara: o setor precisa fazer seu “dever de casa” para enfrentar os desafios e garantir um futuro mais resiliente e sustentável.

Com abundância de fontes renováveis de geração de energia elétrica, o Brasil goza de uma certa comodidade escassa em diversas partes do mundo. No entanto, por aqui, ainda temos desafios colossais a serem equacionados, para garantir que o suprimento energético seja suficiente e compatível com a demanda, cada vez mais crescente, dos setores produtivos.

Mesmo com todos esses gargalos, o setor elétrico segue como um dos principais pilares estratégicos para o desenvolvimento nacional, encarando 2025 com otimismo, mas ciente dos ajustes necessários para um futuro mais equilibrado e sustentável. E para isso, é fundamental que haja um maior planejamento e investimentos maciços em infraestrutura, focados na busca de soluções capazes de amenizar ao máximo as fragilidades do sistema elétrico, conferindo segurança energética e resiliência ao Sistema Interligado Nacional - SIN.

Para a indústria da engenharia elétrica, os desafios também não são nada simples. Em busca de competitividade e inovação, o segmento industrial brasileiro precisa superar obstáculos como financiamento, ausência de mão de obra qualificada, mudanças regulatórias e, principalmente, nas últimas semanas, a flutuação cambial, que afeta frontalmente a comercialização de produtos e a importação de matéria prima e de equipamentos.

O acesso à cadeia de suprimentos, em especial, de metais críticos, representa uma preocupação adicional para a indústria da eletricidade. Metais estratégicos como cobre, alumínio, silício, neodímio, aço inoxidável, níquel, titânio, lítio e cobalto estão cada vez mais escassos, o que resulta em pressões globais para a expansão de atividades de mineração e metalurgia, segmentos tradicionalmente conhecidos pelos impactos ambientais profundos.

Ou seja, em 2025, o setor elétrico brasileiro terá uma missão crucial: ao mesmo tempo em que enfrenta os impactos de eventos climáticos extremos, pressões tarifárias e a necessidade de modernizar sua infraestrutura, também se vê desafiado a liderar a transição energética em um cenário global de crescente demanda por energia limpa e acessível. O momento exige ação coordenada entre governo, empresas e sociedade para transformar desafios em oportunidades, fazendo do Brasil um exemplo de inovação e sustentabilidade no setor elétrico.



Boa leitura!

*Edmilson Freitas*

edmilson@atitudeeditorial.com.br

Acompanhe nossas novidades pelas redes sociais:



@osetoreletrico



Revista O Setor Elétrico



Revista O Setor Elétrico



Revista O Setor Elétrico



# Linha **CLAMPER** Mobi

**Proteção** completa  
no **carregamento**  
do seu **veículo**  
**elétrico.**

Surto elétrico e curtos-circuitos podem danificar tanto o seu veículo elétrico, quanto os seus carregadores. Por isso, é essencial garantir a integridade do sistema de recarga para evitar prejuízos.

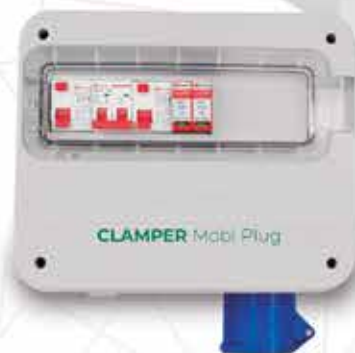
Com a proteção **CLAMPER** os seus equipamentos ficam seguros, e você, tranquilo.



**CLAMPER** Mobi Plug

**CLAMPER** Mobi Box

Proteção para veículos elétricos e carregadores de parede



Proteção para veículos elétricos, carregadores portáteis e carregadores de parede



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



**CLAMPER**

- 

Alta eficiência
- 

IEC 61850
- 

Ciberseguro
- 

Seguro
- 

Versátil
- 

Leve e confiável



# CONHEÇA A NOVA CMC 500 DA OMICRON

## A nova referência em testes de proteção

A nova maleta de testes de relés de proteção e controle, modular e multifásica, a CMC 500 permite testes altamente eficientes de IEDs e validação completa dos sistemas de proteção. Ela estabelece novos padrões de desempenho de suas saídas analógicas, versatilidade, segurança cibernética e segurança pessoal para o usuário. Com até sete tensões (300 V cada) ou dez correntes (30 a 60 A por canal, 450 A monofásico), a CMC 500 suporta uma ampla gama de aplicações, tornando-a ideal para uso em campo e comissionamento em subestações IEC 61850 convencionais, híbridas ou completamente digitais. O equipamento está disponível em cinco modelos diferentes, de forma compacta e leve (12,1-15,6 kg) para atender a necessidades específicas.

### Atendendo às crescentes demandas de testes com eficiência

A CMC 500 alcança alta eficiência nos testes executados por meio de planos de teste padronizados e execução quase totalmente automatizada, incluindo o registro e documentação dos testes em relatórios avançados. Em comparação com testes manuais, estes recursos podem reduzir os esforços de testes em 80%. A fácil repetibilidade e reprodutibilidade dos testes garante uma qualidade de teste consistentemente alta sem esforços adicionais. Opções de software poderosas permitem testes eficientes baseados nos ajustes dos relés e também testes baseados no comportamento correto do sistema de proteção (com modelagem do sistema elétrico e testes em malha fechadas por iterações).

### Projetado para os desafios de hoje e do amanhã

São suportados protocolos de comunicação como GOOSE, R-GOOSE, MMS e Sampled Values (incluindo Sampled Values com datasets configuráveis e flexíveis da IEC 61869-9), permitindo testes de gerações de relés atuais e futuras. Estes protocolos se integram perfeitamente aos planos de teste, permitindo que os benefícios dos testes automatizados sejam totalmente utilizados em ambientes IEC 61850.

### Segurança cibernética para proteger infraestruturas críticas

A CMC 500 foi rigorosamente reforçada para minimizar as ameaças cibernéticas nas subestações. Equipada com Trusted Platform Module (TPM2.0) compatível com a norma ISO/IEC-11889, ela usa um cripto processador, certificados e inicialização segura (secure boot) para impedir a execução de software desconhecido ou código malicioso. Recursos de segurança adicionais incluem autenticação do dispositivo e comunicação criptografa-

da e protegida por senha entre o dispositivo e o PC. O conceito de segurança cibernética em toda a empresa OMICRON é parte integrante do desenvolvimento e continua durante todo o ciclo de vida do produto.

### Mais segurança para os usuários durante os testes

O conceito de segurança multinível de acordo com a ISO 13849-1, inclui uma chave de bloqueio (chave Interlock) e um botão de modo de funcionamento para garantir um elevado nível de segurança no trabalho. Luzes de sinalização vermelhas no equipamento fornecem uma indicação clara de qualquer status de saída analógica potencialmente perigosa em todos os momentos. Além disso, uma interface para vários botões externos de desligamento de emergência permite a instalação simples de configurações de teste seguras de acordo com a norma EN 50191.

### Um equipamento versátil que atende a aplicações, requisitos e especificações únicas

A CMC 500 oferece uma ampla gama de aplicações, testando relés de proteção de todas as gerações, incluindo as mais recentes tecnologias de proteção, como relés com entradas para sensores e relés de proteção e localização de falta com tecnologia de ondas viajantes. Também permite testes funcionais em transformadores de corrente, disjuntores e transdutores. Com dez entradas de medição (binárias e analógicas) para medições em tempo real, função osciloscópio e gravação de sinais, a mala de testes suporta solução rápida de problemas ou análise de operações de comutação de posição de disjuntores e seccionadoras. Uma variedade de acessórios também está disponível para tarefas de teste especializadas.

- ▶ Saiba mais sobre a nova CMC 500: [omicron.energy/new-cmc](https://omicron.energy/new-cmc)







# CINASE

Congresso & Exposição

CIRCUITO NACIONAL DO SETOR ELÉTRICO



## Tendências e desafios para o desenvolvimento do setor elétrico são debatidos em Brasília

Com mais de 1.200 participantes, Circuito Nacional do Setor Elétrico ocorreu entre os dias 6 e 7 de novembro, no coração da Capital Federal



Contando com a participação de representantes do Ministério de Minas e Energia, ANEEL, Eletrobras, Abradee, Universidade de Brasília, CREA DF, SENAI, SINDUSCON DF, FIBRA, Neoenergia e os principais players do segmento elétrico brasileiro, o CINASE Brasília debateu as tendências e os grandes desafios da engenharia elétrica nacional. Realizado entre os dias 6 e 7 de novembro, no coração da Capital Federal, o evento reuniu mais de 1.200 participantes, entre especialistas dos diversos segmentos do setor elétrico, proporcionando um ambiente único de networking, negócios e de troca de conhecimentos.

Ao longo dos dois dias, foram abordados temas cruciais para o setor elétrico como transição energética, ESG, normas, mobilidade elétrica, segurança cibernética, redes inteligentes e muitos outros temas que envolvem a cadeia produtiva da indústria da eletricidade.

Na abertura do evento, o presidente da Abradee, Marcos Madureira, destacou que, apesar de possuir uma das matrizes elétricas mais renováveis do mundo (85% de fontes limpas), o Brasil ainda enfrenta desafios para tornar essa energia mais acessível e barata para a população. “Apesar de sermos referência global em energia renovável, a conta de luz ainda pesa no bolso dos consumidores. Grande parte dessa realidade se deve ao excesso de subsídios, que aumentam o custo para a maioria dos brasileiros em benefício de segmentos específicos”.

Isabela Sales Vieira, Diretora de Programa da Secretaria Executiva

do MME, falou dos desafios para a transição energética no país e listou algumas das prioridades em torno do tema, em tramitação no MME. “Temos um país com muitas desigualdades sociais, que ainda enfrenta pobreza energética, então falar de transição energética no Brasil é importante que seja atrelada, não só ao desenvolvimento econômico, mas também ao desenvolvimento social, por essa razão, as políticas públicas para este segmento do MME, que integram o Plano Nacional de Transição Energética, estão voltadas não só para a questão da sustentabilidade e da segurança energética do país, como também para o desenvolvimento social”, ressaltou.

Para enfrentar o desafio da transição energética, na avaliação do Gerente Corporativo de P&D Neoenergia, José Antonio Brito, é fundamental que o Brasil invista em tecnologia e inovação. “Não se faz transição energética sem inovação. Não podemos continuar sendo meros importadores de tecnologia. Por isso, é fundamental que haja uma política que possa transformar este potencial tecnológico em favor do desenvolvimento econômico e social do Brasil”.

Presente no debate, a Secretária Adjunta de Inovação e Transição Energética da ANEEL, Carmen Sanches, afirmou que o tema também é uma das grandes prioridades da Agência. “A ANEEL está bastante preocupada com a questão da transição energética, por isso, foi criada, recentemente, uma secretaria para tratar desse tema, onde podemos, de fato, transformar em regulamentação todas as preocupações e também as oportunidades que isso nos traz para o setor elétrico. Desta forma, esperamos criar condições para que o país possa de fato aproveitar todas as oportunidades em torno deste tema, em especial pelos atributos da matriz elétrica brasileira, que muito bem foi destacada aqui entre os painelistas que me antecederam”, ressaltou a secretária.

Anfitriã do evento, a Neoenergia marcou presença no CINASE





Brasília com um estande voltado para os seus produtos de Pesquisa e Desenvolvimento. Nos painéis de debates, a distribuidora contou ainda com a participação dos especialistas de P&D da empresa, João Menezes (Indústria 4.0, IoT e aplicações na área elétrica), e Gustavo Travassos (Capacidade da rede elétrica para conexão da geração distribuída).

#### FEIRA DE NEGÓCIOS

Com 28 estandes dos principais players do universo da engenharia elétrica nacional e do Distrito Federal, a área de exposição do CINASE Brasília contou com mais de dois mil metros quadrados, abrigando o showroom de grandes marcas como: ABB; Boreal; Brval; Boreal; Chint; Clamper; Embrastec; Frontec; Grupo Gimi; Grupo Intelli, Hellermanntyton; Hitachi Energy; Itaipu Transformadores; Kraus e Naimer; Krj; Maccomevap; Magvatech; Maxbar; Minuzzi; Pextron; Romagnole; Schneider Electric; Sil; Trael; Tramontina; Transfor V; WEG e WL Atacadista.

Abri­gan­do agên­cias e ins­ti­tu­i­ções pú­b­li­cas federais que adminis­tram o setor elétrico brasileiro, a passagem do CINASE por Brasília, na avaliação do Market Management Manager da Hitachi Energy, Edi Santos, foi bastante interessante para a empresa. “A nossa expectativa em Brasília era de encontrar pessoas que cuidassem da infraestrutura governamental, além de Caixa, Banco do Brasil e Receita Federal. E de fato, esses atores estavam no evento. Mas também estavam pessoas do segmento que é mais comum

para a Hitachi, como de utilities, Eletrobras, Neoenergia, então, nesse aspecto de diversidade de público, o balanço geral foi bem interessante”, afirmou.

Coordenador de pós-venda da Embrastec, Felipe de Lima Viotto saiu otimista com as perspectivas de novos negócios e novos clientes para a empresa. “Gostamos muito, foi um público bastante receptivo em Brasília, em alto volume. Muitas pessoas passaram aqui pelo estande, a chance de sair bons negócios é muito grande também. E pudemos encontrar alguns parceiros e distribuidores que já trabalham com o nosso produto, então, é uma oportunidade bem enriquecedora para a Embrastec”, avalia Felipe, que também ressaltou a qualidade técnica do conteúdo do congresso do CINASE. “Eu vi que o conteúdo é muito rico. A gente pega ali desde energia elétrica convencional até fontes renováveis. Conteúdos de muita relevância para quem conseguiu acompanhar o congresso”.

Para o CEO da Maccomevap, Ajandi Soares, a junção de feira e congresso técnico é bastante atrativa para o público alvo do evento, o que eleva a qualificação dos visitantes da feira. “A gente entende que o evento, ele em si, não fecha o negócio, mas ele abre janelas de oportunidades, aumentando nosso networking pessoal e da empresa. A partir daí, podemos gerar negócios futuros. Em relação às palestras, a gente entende que elas foram boas, até porque o público que veio foi muito bom. Então, na verdade, o que atrai, não é só a exposição, mas os profissionais da área que abordam os diferentes temas de suas especialidades”, explicou.



# MAXBAR

BARRAMENTOS BLINDADOS



# LANÇAMENTO MAXBAR

**BARRAMENTO BLACK  
CARBON** com pintura  
especial a base de Grafeno.

Preparado para ambientes industriais e da construção civil com atmosfera agressiva e adequado a arquitetura do seu empreendimento.

*Sempre em busca da alta tecnologia, segurança e respeito ao meio ambiente.*

## JUNTOS ENERGIZANDO O MUNDO



✉ [comercial@maxbarramentos.com.br](mailto:comercial@maxbarramentos.com.br)

☎ (11)4308-5075 / (11)4308-5085

🌐 [www.maxbarramentos.com.br](http://www.maxbarramentos.com.br)



# HOMENAGENS

Na ocasião, também foram homenageadas lideranças e personalidades que são referências regionais do segmento elétrico, são elas:

## JOSÉ MÁRIO MIRANDA ABDO



É graduado em Engenharia Elétrica (UnB) e Administração (CEUB), com pós-graduação em Engenharia de Sistemas Elétricos (UnB), atuou em Operação e Manutenção de Furnas e na Eletronorte, onde foi superintendente de Planejamento de Expansão. Professor e conselheiro da UnB, em 1996 assumiu a Diretoria-Geral do Dnaee e foi o primeiro

Diretor-Geral da ANEEL, liderando sua implantação (1996-2004). Desde 2005, é sócio e consultor na AEA Consultoria, especializada em energia, saneamento e regulação.

## ADRIANA RESENDE



É engenheira eletricista, eletrônica e telecomunicações pela Universidade Estadual de Minas Gerais. Pós-graduação em Engenharia Segurança do Trabalho. Presidente do Conselho Regional De Engenharia E Agronomia Do Distrito Federal - CREA-DF - gestão 2024 - 2026. Possui 23 anos de experiência no setor público e

privado, onde atua na área da engenharia elétrica, telecomunicações e segurança do trabalho. Ex-presidente da Associação De Mulheres da Engenharia, Agronomia e Geociências - AMEAG-DF. Ex-presidente Da Associação Brasileira dos Engenheiros Eletricistas do Distrito Federal - ABEE-DF. Também foi responsável técnica e gerente do contrato de manutenção preventiva e preditiva, terceirizada da CAESB.

## KLEBER MELO E SILVA



Graduado em Engenharia Elétrica (UFCEG, 2004), com mestrado e doutorado na mesma instituição, atuou como professor visitante na UEPB (2007) e efetivo no IFPB (2008-2009). Desde 2009, é professor na UnB e coordena o Laboratório LAPSE. Coordenou o PPGEE da UnB (2016-2018 e

2021). Foi professor visitante na Texas A&M (2019-2020). Atua como Editor Associado na IEEE Transactions on Power Delivery e Power Engineering Letters e preside o Capítulo de Sistemas de Potência do IEEE Centro-Norte. Bolsista PQ-2 do CNPq e Senior Member do IEEE, foca suas pesquisas em proteção de sistemas, localização de faltas e transitórios eletromagnéticos.



# PRÊMIO O SETOR ELÉTRICO

Realizado em todas as edições do CINASE, o Prêmio O Setor Elétrico tem como objetivo reconhecer e dar visibilidade a projetos e iniciativas que apresentam soluções inovadoras para o setor elétrico brasileiro. Confira a seguir os vencedores dos projetos inscritos nas cinco categorias da premiação:



## INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

Sistema Protector. Proponente:  
Felipe José Tabosa De Souza Correia - Eletrobras



## INSTALAÇÕES ELÉTRICAS INDUSTRIAIS E COMERCIAIS

Subestação subterrânea hermética, pressurizada, automatizada e isolada.  
Proponente: José Antonio de Souza Brito - Neoenergia, Universidade Federal de Uberlândia e TCE Engenharia

## PROJETO LUMINOTÉCNICO

Fachada da sede da Record TV. Proponente:  
Criz Fiorenza - Lighting designer - Arquitetura da Luz

## PESQUISA & DESENVOLVIMENTO

GODEL Multilink  
Proponente: José Antonio de Souza Brito - BTMi Neoenergia / Coelba

## ENERGIAS RENOVÁVEIS

Sistema de produção local de hidrogênio verde, a partir de energia solar fotovoltaica, e sua aplicação em demandas de eletromobilidade.  
Proponente: José Antonio de Souza Brito - Neoenergia Brasília





# BRVAL

**BRVAL** **BRVAL** **BRVAL** **BRVAL** **BRVAL** **BRVAL**  
TRANSFORMADORES COOLING SERVICE EQUIPMENTS ELECTRICAL AUTOMAÇÃO


**Em 2025, conte  
com a BRVAL**  
para desenvolver seus  
projetos com qualidade e  
confiança.




 vendas@brval.com.br

   brvalelectrical

 www.brval.com.br

 21 97105-6853

 11 5199-0141

 21 3812-3100

**Atendimento ao cliente/ Vendas:**

Av. Pr. Martin Luther king Jr. - N° 126

Offices 2000 - Del Castilho

Rio de Janeiro - RJ - CEP: 20765-000

Conheça nossos  
produtos





# Transição Energética e ESG

*Estruturado pelo economista Nivalde de Castro, professor do Instituto de Economia da UFRJ e coordenador do Grupo de Estudos do Setor Elétrico - GESEL, desde 1997, este fascículo abordará as diferentes abordagens em curso no país relacionadas à transição energética e as práticas de ESG no setor elétrico.*



## Capítulo 8

### As grandes tendências e cenários para o futuro do setor elétrico

Por Nivalde de Castro e \*Vitor Santos

#### INTRODUÇÃO

O Acordo de Paris, firmado em 2015, visa alcançar a descarbonização das economias mundiais e estabelece, como um dos seus objetivos de longo prazo, o limite do aumento da temperatura média global a níveis abaixo dos 2°C em relação aos níveis pré-industriais. Além disso, o compromisso determina que sejam realizados esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C, reconhecendo que isso reduzirá significativamente os riscos e impactos das alterações climáticas, em linha com o Relatório do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas, apresentado em 2019.

Nessa perspectiva, a neutralidade de carbono em 2050 reúne, hoje, um amplo consenso social em termos globais, dependendo de uma transição energética baseada em três pilares: descarbonização, descentralização e digitalização, muitas vezes designados pelos 3 D's. O resultado das eleições presidenciais dos EUA, se seguir a rota do primeiro mandato, deverá prejudicar as metas firmadas, porém os eventos climáticos extremos, cada vez mais frequentes e intensos, deverão prevalecer sobre os interesses econômicos norte-americanos.

No que diz respeito à descarbonização, a integração e ampliação crescente das fontes renováveis na produção de eletricidade, a promoção de eficiência energética, a eletrificação (verde) crescente da sociedade, a utilização do hidrogênio verde (H2V) e a captura e o armazenamento de carbono são tendência tecnológicas e fatores

determinantes para a descarbonização da economia e da sociedade, pois os padrões de consumo serão alterados.

A geração distribuída e a perda de importância das economias de escala na produção, a mobilidade elétrica, a gestão da demanda de energia elétrica, de forma a introduzir maior flexibilidade no setor elétrico, e o aumento da relevância dos prossumidores são alguns dos aspectos que caracterizam a descentralização do setor elétrico. Finalmente, os veículos elétricos e autônomos, os edifícios inteligentes, o machine learning, o blockchain, o big data analytics, o digital twin e as redes inteligentes são exemplos da relevância da digitalização no setor elétrico.

Deve-se ainda sublinhar duas dimensões adicionais relacionadas às inovações que permitiram impulsionar o processo de transformação que está em curso no setor elétrico:

- I) A inovação organizacional decorrente do processo de liberalização do setor elétrico, que teve início nos 1990 e alterou completamente o quadro de incentivos de funcionamento do setor;
- II) A inovação tecnológica e organizacional, com reflexos ao longo de todos os segmentos da cadeia de valor, que foi absolutamente instrumental para viabilizar a transição energética.

Assim, observa-se que a transição energética terá uma influência decisiva nas tendências de evolução futura do setor elétrico, com reflexos em alterações disruptivas nas tecnologias de produção e nas redes, na organização e nos desenhos de mercado do setor elétrico e no empoderamento do consumidor.

## 1 - UM NOVO PARADIGMA TECNOLÓGICO E ORGANIZACIONAL E O EMPODERAMENTO DOS CONSUMIDORES

No paradigma “clássico” de organização do setor elétrico, a produção remota e centralizada segue a demanda, com base em um fluxo de energia de sentido único, monitorado através de um sistema de comunicações e de automação limitada, ao longo de uma rede passiva na entrega de energia elétrica aos consumidores domésticos e industriais.

Ademais, tendo por base uma estrutura de custos variáveis elevados (custos dos combustíveis) e uma produção centralizada de grande dimensão que assegurava a continuidade e previsibilidade de fornecimento, a produção de energia constituía-se como o fator determinante de flexibilidade perante uma demanda variável e muito pouco flexível. No balanceamento entre a demanda e a oferta de energia, a flexibilidade estava basicamente centrada na gestão da produção.

Contudo, a penetração crescente dos novos recursos de energia renovável, com produção variável e descentralizada em unidades geradoras de pequena dimensão, reduziu a flexibilidade do lado da oferta e suscitou a necessidade de valorizar mecanismos de flexibilidade, incentivando o armazenamento e a gestão da procura. Assim, o setor da energia atravessa um período de mudanças estruturais que sugerem uma visão de futuro bastante diferente do cenário atual, quer para os operadores e agentes do setor, quer para os consumidores.

A inovação tecnológica ao nível da produção de energia elétrica aponta para uma redução significativa da escala econômica dos projetos, viabilizando a produção local de energia a partir de fontes renováveis, como a energia solar fotovoltaica e eólica. Além disso, as redes de energia incorporam cada vez mais inovação (redes inteligentes), sendo mais automatizadas, o que permite melhores níveis de qualidade de serviço, a participação de novos agentes, a oferta de novos serviços e a emergência de novos modelos de negócio.

A inovação afeta também a forma de consumir energia. Os consumidores estavam no fim da linha, tinham uma função passiva e consumiam a eletricidade com tarifas reguladas. Com a crescente abertura do mercado, determinado pela separação das atividades de distribuição e comercialização, os consumidores poderão escolher uma empresa responsável pela comercialização. Além disso, os consumidores, agora vistos como clientes, passarão a ser protagonistas cada vez mais proativos, acumulando as funções de microprodutores e micro armazenadores e utilizando as suas próprias instalações de consumo e produção para prestarem serviços ao sistema e às redes (prossumidores).

A abertura do mercado irá incentivar, também, os

comercializadores a inovarem nas ofertas de serviços e produtos e a desenvolverem estratégias comerciais baseadas na diferenciação do produto. A tendência será o surgimento de serviços integrados, como a venda de eletricidade, gás natural ou combustíveis, a prestação serviços de assistência técnica e aconselhamento, os sistemas de micro e minigeração distribuída e a mobilidade elétrica.

A prestação de serviços de energia aos consumidores residenciais e empresariais é assegurada por uma nova camada de empresas no setor, que podem atuar em conjunto com os comercializadores ou autonomamente. Esses serviços são prestados pelos agregadores, que operam como intermediários entre os pequenos produtores ou consumidores na relação com os operadores de rede, tendo em vista a prestação de serviços à rede e ao sistema.

Ademais, alguns dos novos negócios da internet e dos serviços se estendem à energia, associando a sua gestão a um serviço mais amplo de gestão de informação aos consumidores residenciais ou empresariais. Assim, a nova complexidade que se anuncia no mercado



da energia traz novos desafios, problemas e oportunidades para os consumidores. As empresas que atuam no setor energético são, por isso, chamadas a atuar como intermediárias dessa complexidade, assegurando a satisfação do consumidor e minimizando o esforço necessário para participar do mercado elétrico.

Observa-se que o planejamento e a operação das redes e das infraestruturas de eletricidade incorporam um contexto de maior incerteza neste período de mudanças estruturais no setor energético. Deste modo, a complementaridade e cooperação entre os operadores das redes de transmissão e distribuição é um desafio que assume uma relevância crescente. Deve-se encontrar, também, os meios adequados para incorporar mais energia renovável nas redes, promovendo simultaneamente a eficiência global do sistema elétrico e a segurança de abastecimento de médio prazo.

Em um modelo liberalizado, como o do setor elétrico dos países da União Europeia, as decisões dos consumidores e dos agentes do mercado dependem da consistência e do alinhamento dos sinais econômicos, que são transmitidos nos vários segmentos da cadeia de valor. A regulação setorial, os operadores das redes e os gestores de sistema são centrais na definição desses sinais econômicos aos quais o mercado e os consumidores são expostos. Portanto, deve-se estabelecer metodologias de regulação que induzam comportamentos adequados no sentido da concretização dos objetivos da política energética.

Os desenhos do mercado elétrico e dos instrumentos e mecanismos de regulação devem ser aprimorados ao longo do processo, de forma a proporcionarem um ambiente favorável à concretização do investimento e à incorporação de nova tecnologia e inovação, além de incentivarem o envolvimento dos consumidores no centro das decisões. Deste modo, busca-se assegurar a sustentabilidade econômica e ambiental do setor energético, mantendo, afirmando e estimulando a concorrência no funcionamento dos mercados.

## 2 - A ELETRIFICAÇÃO COMO VETOR CENTRAL NA DESCARBONIZAÇÃO

A eletrificação é uma opção absolutamente estratégica para a descarbonização da economia e da sociedade. O crescimento da produção renovável baseada nas fontes eólica e solar apresenta vários objetivos, com reflexos em alterações estruturais profundas da economia, com destaque para:

- I) Dar continuidade à descarbonização do setor elétrico, sobretudo nos países onde a geração fóssil tem um peso expressivo na matriz;
- II) Criar condições propícias à descarbonização da indústria eletrointensiva, através da sua eletrificação crescente, até onde for possível, e, complementarmente, da utilização de gases renováveis nos processos industriais em que a eletricidade não é eficiente e,

muitas vezes, sequer exequível;

III) Promover a descarbonização dos sistemas de transporte, através da mobilidade elétrica e da utilização de gases renováveis;

IV) Estimular a renovação energética do parque nacional de edifícios existentes e a descarbonização dos seus consumos de energia, nomeadamente através da eletrificação;

V) Proceder a reindustrialização baseada no desenvolvimento das indústrias verdes e da digitalização, através da metamorfose das matrizes energéticas não renováveis para renováveis.

Essas mutações estruturais suscitam alguns desafios relevantes para o desenvolvimento do setor elétrico. O primeiro deles é que a transição energética exige um esforço de investimento muito expressivo durante as próximas décadas. Para atingir esse objetivo, é preciso criar um ambiente propício ao investimento através de um redesenho do mercado elétrico, bem como proceder a minimização das barreiras à entrada, facilitando, nomeadamente, o licenciamento da geração renovável e das redes de transmissão e distribuição de energia elétrica.

Um outro tema da maior relevância para assegurar o desenvolvimento da eletrificação passa pela superação das condicionantes associadas à integração das energias renováveis no setor elétrico, nomeadamente os problemas decorrentes da intermitência dessas fontes na gestão de sistema. Nessa direção, será necessário desenvolver políticas públicas e inovações regulatórias, para criar mecanismos de flexibilidade no setor elétrico, através do instrumento de resposta da demanda, dos sistemas de armazenamento de baterias e das usinas hidrelétricas reversíveis.

Além disso, as tarifas da eletricidade devem ser, por suposto, acessíveis aos consumidores domésticos, especialmente os mais vulneráveis, e não deverão colocar em risco a competitividade dos consumidores industriais eletrointensivos.

Por fim, a infraestrutura de transmissão e distribuição de energia elétrica deve ser ampliada, modernizada e digitalizada, porém com custos eficientes e tendo por base metodologias de planejamento das redes ajustadas aos novos desafios da transição energética.

## 3 - HIDROGÊNIO VERDE, DESENVOLVIMENTO DAS INDÚSTRIAS VERDES E DESCARBONIZAÇÃO DAS ATIVIDADES “HARD TO ABATE”

A aceleração da transição energética e a descarbonização da economia sugere a necessidade de promover a produção e a incorporação de quantidades crescentes de H<sub>2</sub>V, de forma a viabilizar a substituição expressiva dos combustíveis fósseis nos setores em que a eletrificação não parece ser uma solução eficiente do ponto de vista custo-eficaz e, muitas vezes, não é uma solução tecnicamente viável.

Nesta perspectiva, o hidrogênio é um portador de energia





**SE É SIL,  
PODE CONFIAR.**



**Há 50 anos conectada  
com pequenas e grandes obras.**

Pensou em cabo flexível e de alta qualidade para o seu projeto, use os cabos Flexsil 750 V. Eles são ideais para pequenas e grandes obras da construção civil e atendem as mais rigorosas normas do setor elétrico, oferecendo durabilidade, flexibilidade, segurança e a confiança que o mercado espera de um produto líder.

com elevada intensidade energética e, por isso, poderá ser uma alternativa de substituição dos combustíveis fósseis em algumas atividades industriais hard to abate (refinação, químicas pesadas, produtos siderúrgicos, etc.), impulsionando uma futura onda tecnológica da mobilidade a hidrogênio do transporte rodoviário pesado de passageiros e mercadorias.

Inicialmente, havia uma ambição excessiva muito influenciada pela crença de que o desenvolvimento da produção do hidrogênio poderia replicar o processo de crescimento e de globalização rápido do gás natural liquefeito (GNL). Todavia, ao contrário do H2V, o GNL era muito competitivo em relação ao propano e tinha custos associados ao transporte muito mais baixos do que o hidrogênio.

Hoje, contudo, prevalece a opinião de que, pelo menos no curto e médio prazo, o H2V deve ser produzido e consumido nos polos industriais onde estão instalados os offtakers, de modo a consolidar uma posição competitiva para a exportação de produtos verdes, como, por exemplo, os fertilizantes verdes, bem como os combustíveis renováveis ou o aço verde.

O relatório anual sobre os desenvolvimentos do H2V, publicado recentemente pela Agência Internacional de Energia (AIE), permite concluir que houve uma evolução muito favorável em 2023 e com expectativas muito positivas para 2024 em todos os níveis, como dinamização do investimento, inovação com reflexos na redução do gap de custos com o hidrogênio de base fóssil, políticas de dinamização da procura de forma a viabilizar a oferta, avanços no reconhecimento mútuo das certificações, entre outros.

A América Latina e, em particular, o Brasil são destaque no relatório da AIE, que sublinha as vantagens competitivas do hidrogênio brasileiro, ressaltando o elevado potencial da produção renovável nacional e, ainda, a circunstância de o país dispor de um setor industrial moderno, bem dimensionado e competitivo à escala global, que já está tomando decisões estratégicas no desenvolvimento do H2V. Por fim, o relatório destaca dois clusters em que o Brasil tem uma inequívoca vantagem competitiva: a substituição das importações de fertilizantes e, assim como na China, a exportação de aço verde.

#### 4 - IMPACTOS MUITO EXPRESSIVOS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NO SETOR ELÉTRICO

Os cenários atualmente existentes apontam para impactos muito expressivos das alterações climáticas, com reflexos em uma maior intensidade e frequência dos eventos climáticos extremos, como os temporais intensos, as secas frequentes, os incêndios rurais de grande magnitude, as ondas de calor e a erosão costeira. Os riscos mais relevantes no setor elétrico refletem-se no aumento da procura de energia para arrefecimento das temperaturas, na redução do potencial hídrico e da eficiência das térmicas e das redes e, ainda, nos impactos dos eventos climáticos extremos nas infraestruturas de

geração e, sobretudo, nas redes de transmissão e distribuição.

Além disso, o risco de interrupções na oferta de energia pode atingir, em cascata e com efeitos multiplicadores muito transversais, a grande maioria dos setores econômicos e condicionam, ainda, a segurança alimentar e energética, o acesso à água, a estabilidade econômica, social e financeira e a saúde. As publicações de estudos mais recentes têm contribuído para melhorar o conhecimento sobre os riscos climáticos por parte da sociedade e das entidades públicas, facilitando, assim, a formulação de políticas de mitigação e adaptação mais consistentes e fundamentadas.

Entretanto, ainda é necessário melhorar a coordenação entre as diferentes políticas setoriais, como energia, meio-ambiente, recursos hídricos, transportes, indústrias eletrointensivas, entre outras. Deste modo, deve-se, com urgência, internalizar os riscos climáticos nas decisões de política energética em diversos níveis:

- I) No que diz respeito à segurança energética, é importante buscar a melhoria da eficiência energética, desenvolver mecanismos de flexibilidade (demand-side response e armazenamento), reforçar as interligações entre os países e consolidar as redes inteligentes;
- II) Os riscos climáticos devem ser internalizados nos diferentes instrumentos de política energética, com iniciativas de mitigação, planeamento de redes e promoção da inovação, ganhando destaque em decorrência do longo tempo de vida útil médio das infraestruturas energéticas;
- III) Valorização da equidade e da justiça social, visando o acesso a serviços energéticos eficientes e a habitações com adequado desempenho energético, assim como a mitigação da pobreza energética, que tenderá a se agravar com as alterações climáticas;
- IV) Incentivo à internalização dos riscos climáticos nas decisões de investimento das empresas de energia, com o conhecimento dos riscos climáticos e uma regulação por incentivos que estimule decisões de investimento focadas na resiliência das redes.

#### 5 - TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E O DISTRIBUIDOR DO FUTURO

As distribuidoras tradicionalmente possuem as funções de realizar a operação e manutenção da rede, considerando os objetivos de acesso às redes, segurança de abastecimento, qualidade do serviço, gestão das perdas e acesso transparente à informação, e planejar a sua expansão. Além disso, existem temas relevantes que podem ser invocados, como a segurança de abastecimento e o fato de a energia elétrica ser um bem público essencial com um peso social incontornável, nomeadamente nas seguintes dimensões:

- I) Proteção dos consumidores mais vulneráveis;
- II) Garantia do acesso universal a uma energia segura e com preços módicos;
- III) Mitigação dos impactos negativos da pobreza energética;





+20 ANOS

INOVANDO EM CONEXÕES ELÉTRICAS

KATRO

KDP

KPB

KARP

KATIL

KLOK

# A SOLUÇÃO COMPLETA EM CONEXÕES PARA REDES AÉREAS DE DISTRIBUIÇÃO

## KPB

### O perfurante universal

Única solução para a conexão de cabos rígidos ou flexíveis no ramal de entrada do cliente, em qualquer configuração. Com o KPB não há mais a necessidade de se identificar o lado do conector para se realizar a conexão.

15/25/35 kV

ANEEL  
Agência Nacional de Energia Elétrica  
Ministério de Planejamento

enel unesp

## KARP

### Conector de Perfuração para Redes Protegidas de Média Tensão

Sem necessidade de remoção e recomposição da cobertura do condutor. Permite a conexão em linha Viva. Conector de perfuração para as tensões de 15kV, 25kV e 35kV.

## KLOK

Terminal bimetalico e reutilizável com efeito mola, para equipamentos da distribuição sem necessidade de ferramenta especial para aplicação.

## KATIL

Conexão em iluminação pública  
Conexão de luminárias utilizadas em iluminação pública à rede de distribuição de energia elétrica.

## KDP

Conexão da Rede Secundária ao Ramal de Ligação com 4 derivações - Versão Econômica  
Conexão definitiva e ponto de aterramento temporário oferecendo maior facilidade na aplicação.

## KATRO

Conexão da Rede Secundária ao Ramal de Ligação com 4 derivações  
Conexão definitiva e reutilizável mais ponto de aterramento temporário.



KRJ Ind. e Com. Ltda.

Rua Guaranésia, 811/815 - Vila Maria - CEP 02112-001  
São Paulo, SP - Brasil | Tel: +55 (11) 2971-2300



KRJ.COM.BR

IV) Mais recentemente, a consolidação da resiliência das redes face aos eventos climáticos extremos.

Destaca-se que a transição energética está relacionada a uma mudança de paradigma tecnológico e organizacional nas atividades de um operador da rede de distribuição. A título ilustrativo, mencionam-se os seguintes exemplos: a integração crescente das renováveis na produção de eletricidade, a geração distribuída, a mobilidade elétrica, a resposta da demanda e a relevância crescente do armazenamento, o que introduz maior flexibilidade no setor elétrico e aumenta a relevância dos prossumidores.

Contudo, o avanço das reformas em curso visando a aceleração da transição energética, com impacto direto e indireto nas redes de distribuição, possibilita a criação de mecanismos de flexibilidade e prestação de serviços ancilares, a promoção da digitalização das redes (roll-out dos medidores inteligentes e investimento nas redes inteligentes), o desenvolvimento de inovações regulatórias baseadas em projetos-piloto, entre outros.

Neste último caso, verificam-se atividades que saem do campo mais estrito das atribuições das distribuidoras, porém estas podem desenvolver iniciativas vistas como de interesse público, já que permitem superar uma falha de mercado, ou seja, situações em que não exista oferta de agentes privados ou, mesmo que esta exista, atividades que possam apresentar um mercado insuficientemente competitivo.

O peso crescente da energia injetada nas redes de distribuição (renováveis, cogeração e geração distribuída) origina a inversão dos fluxos, o que torna mais exigente a operação, além de um reforço da cooperação entre as distribuidoras e as transmissoras.

## 6. SEGURANÇA CIBERNÉTICA

As tendências recentes de desenvolvimento do setor elétrico, muito marcadas pela transição energética e pela descarbonização da economia, indicam que a segurança cibernética será uma dimensão crítica com relevância crescente nas próximas décadas. O desenvolvimento das redes e da contagem inteligente, a importância crescente da produção descentralizada e da geração distribuída, a difusão da mobilidade elétrica na prestação de serviços de sistema e a valorização da gestão flexível da demanda irão contribuir para o avanço da digitalização e da automação do setor elétrico, que tenderão a se acentuar com a emergência das comunicações 5G.

O aparecimento de novos agentes, como, por exemplo, as comunidades de energia, os agregadores, os prestadores de serviços de flexibilidade e os prossumidores, contribui para um aumento expressivo no número de participantes no mercado, muitos deles sem competências especializadas na cibersegurança ou na certificação dos equipamentos e dos sistemas de informação.

Finalmente, a evidência empírica sugere que os ataques cibernéticos no setor elétrico são cada vez mais frequentes e causam

danos mais expressivos, o que é uma consequência incontornável da digitalização. Naturalmente, os ataques cibernéticos não põem em causa a tendência pesada de longo prazo, mas indicam a necessidade de atuações adequadas que minimizem os riscos relacionados.

## CONCLUSÕES

A dinâmica de desenvolvimento futura do setor elétrico será, certamente, muito influenciada pela transição energética, que envolve os seguintes vetores:

- I) A inovação organizacional decorrente do processo de liberalização do setor elétrico, com início nos 1990 e que alterou completamente o quadro de incentivos e desenhos de mercado do funcionamento do setor;
- II) As preocupações com a sustentabilidade ambiental e, especialmente, com os efeitos das emissões de CO<sub>2</sub> nas alterações climáticas;
- III) A integração das novas fontes renováveis no sistema elétrico, visando a redução das emissões de CO<sub>2</sub>, acabou por se refletir em mudanças profundas no funcionamento elétrico, com a descentralização, a flexibilização da demanda e a digitalização intensiva do setor;
- IV) As inovações tecnológica, organizacional e regulatória, com reflexos ao longo de todos os segmentos da cadeia de valor, foram absolutamente instrumentais para viabilizar a transição energética.

Em um modelo de mercado liberalizado, como o do setor elétrico, as decisões dos consumidores e dos agentes do mercado dependem da consistência e do alinhamento dos sinais econômicos que são transmitidos nos vários segmentos da cadeia de valor. A regulação setorial, os operadores das redes e os gestores de sistema são centrais na definição dos sinais econômicos aos quais o mercado e os consumidores são expostos. Portanto, deve-se empregar metodologias de regulação que induzam comportamentos adequados no sentido da concretização dos objetivos da política energética.

Além disso, os desenhos do mercado elétrico e dos instrumentos e mecanismos de regulação devem ser aprimorados ao longo do processo, de modo a proporcionar um ambiente favorável à concretização do investimento e à incorporação de novas tecnologias e inovação, além de incentivar o envolvimento dos consumidores no centro das decisões, assegurando a sustentabilidade econômica e ambiental do setor energético e afirmando a concorrência no funcionamento dos mercados, sempre considerando a busca pela modicidade tarifária.

---

\*Vitor Santos é Professor Catedrático do ISEG- Instituto Superior de Economia e Gestão – da Universidade de Lisboa





Olá, eu sou o

**COBE,**

seu assistente  
de confiança

Integrado com o **ChatGPT**, o representante virtual da Cobrecom, o **COBE**, vem com tudo para tirar todas as suas dúvidas, seja você eletricista, lojista ou consumidor.

## Fale com o COBE via texto ou áudio no WhatsApp!



Atendimento ao cliente



Conteúdos técnicos: aplicação de produtos, indicação de produtos de acordo com a instalação e dúvidas técnicas



Avaliação de atendimentos



FAQ/dúvidas frequentes



Materiais de marketing: livros, tabela do eletricista e catálogos



Rastreamento de pedidos



Boletos: 1ª via e verificação da autenticidade



Busca e indicação de representantes por localização

## Tudo isso e muito mais!

**cobrecom**



Escaneie  
o QR Code  
e fale com ele!



@cobrecom

# Transformação digital no setor elétrico

*Em constante evolução, a transformação digital do setor elétrico é um caminho sem volta. Para tratar deste tema contaremos com toda a expertise da engenheira e pesquisadora de energia da FIT Instituto de Tecnologia, em Sorocaba/SP, Priscila Santos, que possui mestrado em Energia e doutoranda em Agroenergia e Eletrônica, é pesquisadora de energia do Programa MCTI Futuro do FIT, uma iniciativa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, com recursos da Lei nº 8.248, de 23/10/1991, e conta com a coordenação da Softex, execução e parceria com diversas instituições privadas.*



## Capítulo 8

# Transformação Digital: A Inovação em Três Dimensões

Se jogar xadrez já é desafiador, imagine a complexidade de jogá-lo em 3D, uma verdadeira inovação na arte da estratégia. Neste formato, as peças não apenas se movem como de costume, mas também podem se deslocar para cima ou para baixo, nas três camadas do tabuleiro. E como isso se compara ao setor de energia e à transformação digital?

### 3D: DESCENTRALIZAÇÃO, DESCARBONIZAÇÃO E DIGITALIZAÇÃO.

Dar o xeque-mate no setor de energia já é um desafio, considerando todos os processos que precisam ser aprimorados, adaptados e executados para garantir a confiabilidade da rede, padronizações e segurança. A complexidade aumenta ainda mais com a introdução do 3D, descentralização, descarbonização e digitalização, que trazem novas dimensões de inovação e eficiência.

A implementação dos 3D no setor elétrico pode ser comparada a uma casa antiga que precisa de reformas. Imagine que os moradores dessa casa são modernos e desejam automatizar tudo. Da mesma forma, o setor elétrico precisa se modernizar para atender às demandas atuais de eficiência e sustentabilidade. A descarbonização reduz as emissões de carbono, a digitalização melhora a gestão e a operação das redes elétricas, e a descentralização permite uma distribuição mais equilibrada e resiliente da energia.

Embora seja fácil dizer, os processos de implementação e modernização no setor elétrico não são simples. Conforme mencionado no fascículo anterior, alcançar o xeque-mate em diversas frentes é um desafio significativo. Isso ocorre porque cada etapa de descarbonização, digitalização e descentralização requer abordagens específicas e complexas, demandando planejamento

estratégico, inovação tecnológica e uma mudança cultural dentro das organizações.

### PROCESSOS DE DESCARBONIZAÇÃO

No Brasil, o processo de descarbonização do setor elétrico apresenta tanto desafios quanto oportunidades significativas. Esta transformação é crucial para mitigar as mudanças climáticas, promover a sustentabilidade ambiental e assegurar a segurança energética do país. Ao enfrentar e superar esses desafios, o Brasil pode não apenas reduzir suas emissões de carbono, mas também impulsionar a inovação tecnológica e fortalecer sua posição no cenário global de energia limpa.

### Dificuldades e Desafios

**1 - Infraestrutura envelhecida:** a infraestrutura energética brasileira, em grande parte, ainda depende de instalações antigas e sistemas que não foram projetados para fontes renováveis. A modernização dessas infraestruturas é fundamental, mas requer investimentos significativos.

**2 - Custos de transição:** o investimento inicial em tecnologias limpas, como energia biomassa, solar e eólica, pode ser alto. Isso inclui custos de instalação, manutenção e treinamento de mão de obra qualificada para operar e manter essas novas tecnologias.

**3 - Regulação e políticas públicas:** a regulação do setor elétrico precisa ser ágil e adaptável para promover a integração de fontes renováveis. No entanto, a burocracia e a falta de políticas claras podem dificultar essa transição.

**4 - Intermitência das fontes renováveis:** fontes como a solar e a eólica são intermitentes, ou seja, sua geração de energia depende



de condições climáticas. Isso requer soluções de armazenamento de energia eficientes e sistemas de gestão de rede inteligente para garantir a estabilidade do fornecimento.

### PROCESSOS E ABORDAGENS PARA ACELERAR A DESCARBONIZAÇÃO

**1 - Investimento em inovação e tecnologia:** fomentar a pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias, como baterias de alta capacidade, redes inteligentes e eficiência energética. O investimento em inovação pode reduzir custos e aumentar a viabilidade das fontes renováveis.

**2 - Parcerias público-privadas:** estimular parcerias entre o setor público e privado para financiar projetos de energia limpa. Essas colaborações podem acelerar a implementação de novas tecnologias e infraestruturas.

**3 - Incentivos fiscais e subsídios:** oferecer incentivos fiscais, subsídios e linhas de crédito para empresas e consumidores que adotarem práticas e tecnologias sustentáveis. Isso pode incluir a redução de impostos para a importação de equipamentos de energia renovável e financiamentos facilitados.

**4 - Educação e capacitação:** investir na formação de profissionais qualificados para trabalhar com tecnologias de energia renovável. A educação e a capacitação são fundamentais para criar uma força de trabalho preparada para os desafios da descarbonização.

**5 - Desenvolvimento de políticas consistentes:** estabelecer políticas claras e consistentes que promovam a transição energética. Isso inclui metas de redução de emissões, incentivos para a adoção de energias limpas e regulamentações que favoreçam a inovação.

### PROCESSOS DE DESCENTRALIZAÇÃO

A descentralização do setor elétrico brasileiro é uma tendência transformadora que busca fortalecer o sistema energético, tornando-o mais robusto, eficiente e sustentável. Esse processo implica na redistribuição da geração e gestão da energia, permitindo que os consumidores também se tornem produtores ativos, conhecidos como “prosumidores”

#### Dificuldades e Desafios

**1 - Regulação e Burocracia:** a burocracia e as mudanças frequentes nas políticas energéticas podem dificultar esse processo.

**2 - Infraestrutura de Rede:** A infraestrutura atual foi projetada para um modelo centralizado de geração de energia. Adaptar as redes elétricas para suportar a geração distribuída requer investimentos significativos e atualizações tecnológicas, incluindo a implementação de redes inteligentes.

**3 - Custos de Implementação:** Os custos iniciais para a instalação de sistemas de geração distribuída, usinas fotovoltaicas, biomassa ou



pequenas turbinas eólicas, ou sistemas de armazenamento.

**4 - Capacitação Técnica:** A adoção de novas tecnologias requer uma força de trabalho qualificada. A falta de profissionais capacitados pode ser um entrave para a expansão rápida da geração distribuída.

### PROCESSOS E ABORDAGENS PARA ACELERAR A DESCENTRALIZAÇÃO

**1 - Incentivos governamentais:** governos podem implementar políticas de incentivo, como subsídios, isenções fiscais e linhas de crédito facilitadas para projetos de geração distribuída, principalmente em áreas rurais e isoladas. Esses incentivos podem reduzir os custos iniciais e atrair mais investimentos no setor.

**2 - Desenvolvimento de redes inteligentes:** investir em redes inteligentes (smart grids) é fundamental. Essas redes permitem uma gestão mais eficiente da energia, integrando diferentes fontes de geração distribuída e melhorando a estabilidade e a confiabilidade do sistema elétrico.

**3 - Parcerias público-privadas:** a colaboração entre setores públicos e privados pode acelerar a implantação de tecnologias e infraestruturas necessárias para a descentralização. Parcerias podem facilitar o compartilhamento de riscos e recursos, impulsionando projetos inovadores.

**4 - Educação e capacitação:** investir na formação e capacitação de profissionais para atuar no setor de geração distribuída é crucial. Programas de treinamento e educação podem preparar a força de trabalho para lidar com as novas demandas e tecnologias do setor.

## PROCESSO DE DIGITALIZAÇÃO

A digitalização do setor elétrico brasileiro representa uma transformação crucial para elevar a eficiência, a confiabilidade e a sustentabilidade do sistema energético nacional. Esse processo inclui a incorporação de tecnologias avançadas que possibilitam uma gestão mais inteligente e eficiente de toda a cadeia energética, desde a produção até a distribuição e consumo. Através da digitalização, o setor elétrico pode se tornar mais adaptável às demandas modernas, promovendo um uso mais racional e sustentável dos recursos energéticos.

### Dificuldades e desafios

**1 - Infraestrutura tecnológica:** a implementação de tecnologias digitais requer uma infraestrutura robusta. Muitas partes do sistema elétrico brasileiro ainda dependem de equipamentos e redes antiquadas, que não estão preparadas para suportar soluções digitais avançadas.

**2 - Investimentos elevados:** os custos iniciais para a digitalização são altos. Investimentos em hardware, software, treinamento e manutenção são necessários, o que pode ser um desafio, especialmente para empresas menores e com orçamento limitado.

**3 - Segurança Cibernética:** a digitalização aumenta a vulnerabilidade a ataques cibernéticos. A proteção das redes elétricas contra ameaças digitais é uma prioridade, mas também é um desafio significativo, que exige estratégias e investimentos contínuos em segurança.

**4 - Capacitação e Treinamento:** a digitalização exige uma força de trabalho qualificada e adaptável. A falta de profissionais treinados e a necessidade de requalificação dos trabalhadores atuais podem ser obstáculos à implementação eficaz de tecnologias digitais.

## PROCESSOS E ABORDAGENS PARA ACELERAR A DIGITALIZAÇÃO

**1 - Investimento em redes inteligentes:** desenvolver e implementar redes inteligentes (smart grids) que permitam uma gestão mais eficiente e flexível da energia. Essas redes utilizam sensores, automação e análise de dados em tempo real para melhorar a eficiência e a confiabilidade do sistema elétrico.

**2 - Parcerias e colaborações:** formar parcerias entre o setor público e privado pode facilitar o compartilhamento de conhecimentos, recursos e investimentos necessários para a digitalização. Colaborações com empresas de tecnologia e instituições de pesquisa também podem acelerar o desenvolvimento e a implementação de soluções inovadoras.

**3 - Incentivos e políticas públicas:** governos podem criar incentivos e políticas favoráveis para promover a digitalização. Isso pode incluir subsídios, créditos fiscais e regulamentações que incentivem a adoção de tecnologias digitais no setor elétrico.

**4 - Segurança cibernética:** implementar medidas robustas de segurança cibernética para proteger as infraestruturas digitais contra ataques e ameaças. Isso inclui o desenvolvimento de estratégias de segurança abrangentes, a realização de avaliações contínuas de risco e o investimento em tecnologias de segurança avançadas.

**5 - Capacitação e educação:** investir na capacitação e educação de profissionais para trabalhar com tecnologias digitais. Programas de treinamento e educação contínua podem ajudar a criar uma força de trabalho preparada para enfrentar os desafios da digitalização.

## MAS QUAL SERIA A ESTRATÉGIA DE ACELERAR ESTE MERCADO DE DIGITALIZAÇÃO, DESCARBONIZAÇÃO E DESCENTRALIZAÇÃO?

### 1 - Mapeamento de Infraestruturas:

- Realizar uma auditoria completa da infraestrutura atual para identificar pontos críticos e áreas que necessitam de modernização (considerando macro e microrregiões).
- Desenvolver um plano detalhado para a integração de tecnologias digitais e renováveis.

### 2 - Projetos pilotos de redes inteligentes:

- Implementar pilotos de redes inteligentes em regiões selecionadas para testar tecnologias e metodologias.
- Utilizar sensores e automação para melhorar a eficiência e a confiabilidade das redes.

### 3 - Desenvolvimento de Microgrids:

- Estabelecer microgrids em áreas remotas e comunidades rurais para promover a geração distribuída.
- Integrar fontes de energia renovável e sistemas de armazenamento de energia.

### 4 - Integração de energias renováveis:

- Aumentar a capacidade de geração de energia renovável, especialmente solar e eólica, através de novos projetos e parcerias.
- Melhorar a integração dessas fontes na rede elétrica, utilizando tecnologias de armazenamento e gerenciamento inteligente.

### 5 - Segurança cibernética:

- Implementar protocolos robustos de segurança cibernética para proteger a infraestrutura digital do setor elétrico.
- Realizar treinamentos contínuos e simulações para preparar as equipes contra possíveis ataques cibernéticos.

A transformação digital no setor elétrico é um jogo de xadrez tridimensional, onde cada peça desempenha um papel crucial. A rainha, representando a telecomunicações, move-se livremente em todas as direções, otimizando cada aspecto do sistema energético. A torre, como a infraestrutura de suporte, estabelece linhas de defesa e resiliência. O bispo, simbolizando a infraestrutura, traça uma trajetória diagonal, redirecionando o curso da energia para fontes mais limpas e sustentáveis. O cavalo, ou faz saltos estratégicos através das pesquisas e desenvolvimento, criando novas possibilidades neste universo da energia elétrica. Os peões, que representam os pequenos avanços tecnológicos e regulamentares, pavimentam o caminho para um setor elétrico mais robusto e dinâmico. O Rei, recebendo o xeque mate no processo de melhoria do nosso sistema.

Cada movimento é calculado, cada peça interage em um tabuleiro complexo, onde a vitória é a criação de um sistema energético mais eficiente, sustentável e avançado.



# TRANSFORMADORES PARA APLICAÇÃO SOLAR



## Transformador Trifásico a Seco

Transformadores nas potências de 150kVA a 5.000kVA nas classes de tensão até 36,2kV, com frequência de 50Hz ou 60Hz;

## Transformador Trifásico a Óleo

Transformadores nas potências de 300kVA a 3.000kVA nas classes de tensão até 36,2kV, com frequência de 50Hz ou 60Hz.

🔥 Óleo Mineral    🌿 Óleo Vegetal

# Digitalização de Subestações e Energias Renováveis

A integração das fontes de energias renováveis nas redes elétricas, impulsionada pela digitalização, está remodelando o paradigma da geração, distribuição e consumo de energia. Para abordar os desafios relacionados a este assunto, convidamos o Engenheiro Master da Vale, Paulo Henrique Vieira Soares. Mestre em engenharia Elétrica pela UNIFEI, possui MBA em Gestão (FGV) e pós-graduação em Sistemas fotovoltaicos pela UFV.



## Capítulo 8

### Requisitos regulatórios para o DAPR-D e atendimento a RAP do apagão do dia 15/08

Por Paulo Henrique Vieira Soares e \*Douglas Gabriel Antônio de Oliveira Gomes

#### 1 - INTRODUÇÃO

Em 15 de agosto de 2023, o Sistema Interligado Nacional (SIN) sofreu uma severa perturbação que provocou a desconexão elétrica entre as regiões Norte/Nordeste e Sul/Sudeste/Centro-Oeste, resultando na retirada de 22,5 GW (31%) de 73 GW disponíveis. O evento afetou 25 estados e o Distrito Federal, levando o Operador Nacional do Sistema (ONS) a implementar uma série de medidas para aumentar a robustez do sistema.

Entre essas medidas, destacam-se as melhorias nos Registradores Digitais de Perturbações (RDPs) e a adequação dos agentes para a implantação de medições fasoriais sincronizadas (PMUs), possibilitando o monitoramento em tempo real. Este artigo busca descrever o processo de obtenção da Declaração para Operação Definitiva (DAPR/D), com ênfase na campanha de medição de corrente e avaliação da qualidade de energia, assim como a conformidade com o Relatório de Análise de Perturbação (RAP).

Além disso, será discutida a implementação de sinais de disparo dos RDPs com base em variações de grandezas analógicas, bem como a integração das medições fasoriais sincronizadas. Por fim, serão apresentadas experiências práticas envolvendo o envio de sinais de disparo dos inversores solares para os RDPs, em cenários de injeção e absorção de reativos durante eventos de baixa e alta tensão (LVRT/HVRT).

#### 2 - CONTEXTUALIZAÇÃO

##### Integração ao Sistema interligado Nacional

A integração de instalações ao Sistema Interligado Nacional (SIN) é um processo que exige a colaboração entre os agentes do setor elétrico e as principais instituições reguladoras, como ANEEL, CCEE, ONS e MME. Esse processo envolve a conexão de instalações de geração, transmissão, distribuição e consumidores livres. Para assegurar uma conexão segura e eficiente ao sistema, a integração





ocorre em duas fases principais: operação em teste e operação integrada definitiva ao SIN.

### Procedimento de REDE

Como etapa inicial do processo de integração ao SIN, destaca-se a obtenção do Parecer de Acesso. Os principais documentos que regulamentam esse processo são a Resolução nº 583 da ANEEL e o “Submódulo 7.13 - Emissão de Declaração de Atendimento aos Procedimentos de Rede para Instalações de Geração” (revisão 2024.04). Este último detalha três tipos de declarações:

**DAPR/T:** Declaração de atendimento para operação em teste, certificando o cumprimento dos requisitos técnicos.

**DAPR/P:** Declaração de operação provisória, indicando a ausência de pendências impeditivas para operação comercial.

**DAPR/D:** Declaração definitiva, confirmando o cumprimento integral de todos os requisitos e ausência de pendências.

A figura 1 ilustra o processo, sendo em média 24 meses o prazo entre o DAPR/P e o DAPR/D.

### Campanha de qualidade pós operação

A integração ao SIN exige que a instalação não introduza instabilidades ou perturbações significativas ao sistema elétrico. Para garantir esses objetivos, o Operador Nacional requer a realização de aferições na instalação, que permitem avaliar os impactos do empreendimento. O submódulo 2.9 – “Requisitos mínimos de qualidade de energia elétrica para acesso ou integração à Rede Básica” estabelece as diretrizes para essas aferições. Além disso, é recomendável manter um diálogo contínuo com o ONS para alinhar aspectos específicos, como pontos de medição, métodos de execução, grandezas a serem medidas e prazos. Esses detalhes devem ser acordados entre o agente gerador e o ONS para garantir a conformidade e o sucesso da integração.

### 3 - APLICAÇÃO

#### ESTUDO DE CASO I – Campanha de corrente

O projeto em análise conta com cerca de 140 unidades geradoras, compostas por inversor solar, distribuídas em aproximadamente 70 eletrocentros, sendo cada um composto por duas unidades geradoras.

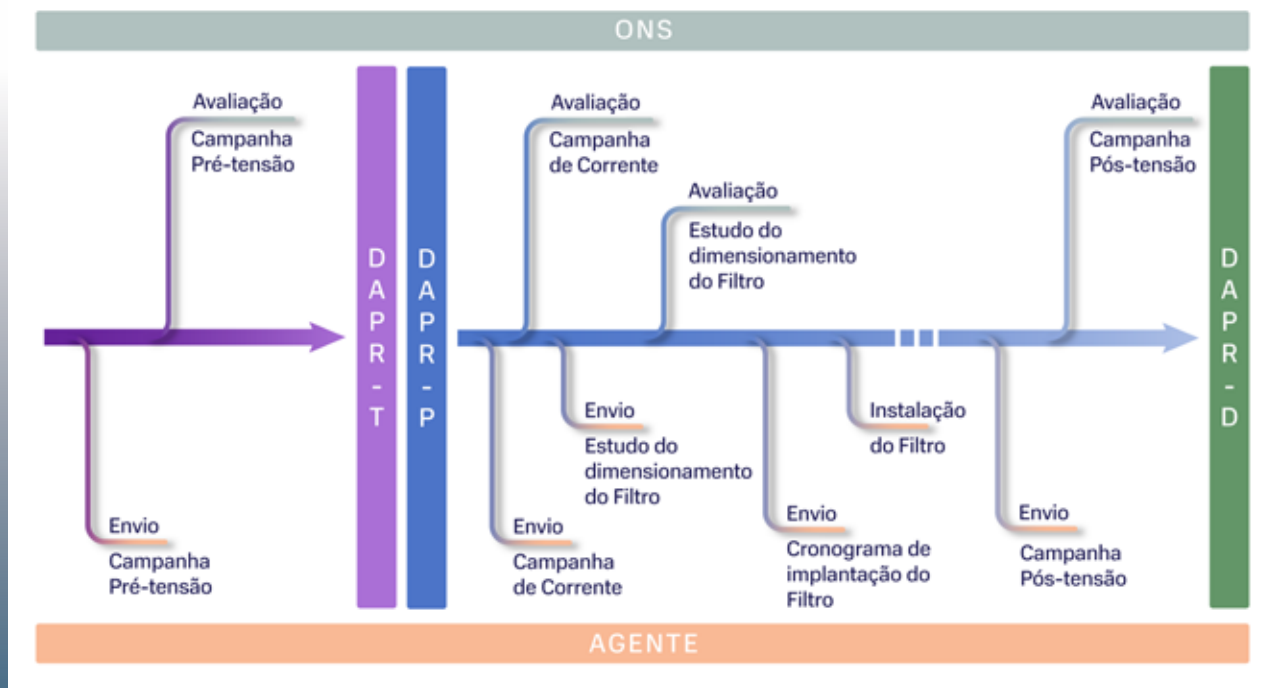


Figura 1 – Fluxo simplificado ONS



Cada eletrocentro do empreendimento está equipado com um transformador de duplo secundário com relação de tensão de 34,5/0,69 kV, destinado a elevar a tensão de saída dos inversores de 690 VCA para 34.500 VCA. Em comum acordo com o Operador, definiu-se que as medições de corrente seriam realizadas no lado de alta tensão desses transformadores, o que permitiu a medição em paralelo de dois inversores de frequência.

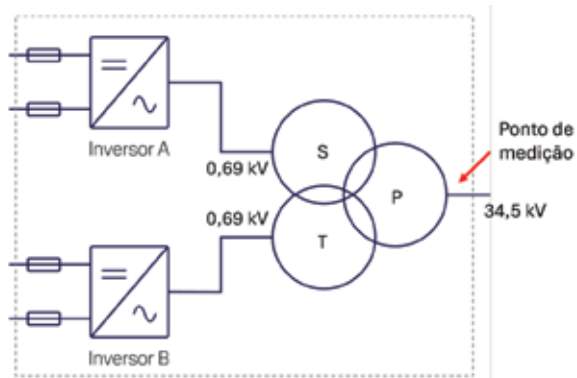


Figura 2 – Ponto de medição – Campanha de corrente

O complexo fotovoltaico é composto por aproximadamente 15 usinas, cada uma com quatro eletrocentros. Para garantir a abrangência das medições, foi definido que estas seriam realizadas em um eletrocentro por usina, totalizando cerca de 15 transformadores. Embora os eletrocentros sejam idênticos, as medições foram realizadas em todas as usinas, seguindo as normas estabelecidas para garantir precisão e conformidade técnica.

As medições seguiram as seguintes diretrizes:

- As medições foram realizadas nos patamares de 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% e 100% da potência ativa nominal. Os setpoints de potência ativa foram ajustados e enviados aos dois inversores de cada eletrocentro. No patamar de 0%, optou-se por desabilitar os inversores, uma vez que o resultado é equivalente ao envio de setpoints de 0%.
- Cada patamar de potência exigiu sete medições válidas, com duração mínima de 10 minutos cada, sem que as correntes médias variassem mais de +5% ou -5% do valor nominal.
- As unidades geradoras limitaram sua injeção ou absorção de potência reativa a zero, sendo permitido apenas o mínimo de potência reativa inerente ao funcionamento dos inversores.

Os resultados das medições foram organizados e comparados com os parâmetros fornecidos pelo fabricante dos inversores, servindo de base para a avaliação do agente e do ONS, e possibilitando a revisão de estudos de qualidade de

energia.

Dificuldades operacionais, como a disponibilidade parcial das unidades e a sujidade dos módulos fotovoltaicos, podem ser previstas e corrigidas antes do início das medições. Entretanto, fatores imprevisíveis, como condições climáticas, podem interferir, especialmente nos patamares mais próximos da potência nominal. O monitoramento em tempo real é importante para identificar possíveis interferências, como sombreamento, e garantir a validade dos dados.

Após a conclusão das medições e a consolidação dos dados, recomenda-se a apresentação dos resultados ao ONS e à equipe responsável antes da submissão final do estudo.

## ESTUDO DE CASO II – Disparo por oscilação de grandeza analógica

após o evento ocorrido em 15 de agosto de 2023, o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) identificou que a atuação inadequada de fontes de geração intermitentes, como eólicas e fotovoltaicas, agravou o problema ao não fornecer o suporte necessário ao sistema. Em estudos posteriores, o ONS propôs melhorias, incluindo a otimização dos RDPs, que agora devem também disparar oscilografias com base em oscilações de grandezas analógicas, conforme os critérios estabelecidos no documento "RT-ONS DPL 0532/2023".

Tradicionalmente, os RDPs eram configurados para iniciar registros (trigger) com base em variações de entradas digitais vinculadas a funções de proteção. No entanto, a nova recomendação amplia o monitoramento para incluir oscilações em grandezas analógicas, permitindo uma detecção mais precisa de eventos críticos e contribuindo para uma análise mais completa do comportamento do sistema.

### Disparo por subtensão:

- 0,95 pu, para sistemas de 500kV;
- 0,90 pu, para sistemas em demais níveis de tensão.

### Disparo por sobretensão:

- 1,15 pu, para sistemas de 500kV;
- 1,10 pu, para sistemas em demais níveis de tensão.

### Disparo por subfrequência:

- 59,8 Hz, para conjuntos formados por gerações eólica e fotovoltaica;
- 59,0 Hz, para conjuntos formados por geração fotovoltaica.

### Disparo por sobrefrequência:

- 60,2 Hz, para ambas as modalidades de geração.

Com a implementação das novas configurações nos RDPs, torna-se possível monitorar o comportamento do sistema durante oscilações de tensão e/ou frequência que, em circunstâncias normais, não ativariam funções de proteção conforme Figura 3.





LANÇAMENTO  
LINHA **MINING BLOCK**  
16A até 250A

Mantenha suas Operações com Máxima Segurança e Proteção!



## PROTEÇÃO E SEGURANÇA ULTRACONFIÁVEIS

A linha de Tomadas e Plugues Industriais, Tomadas com Bloqueio Mecânico e Proteção Elétrica **Mining Block STRAHL**, atende os mais rigorosos padrões de qualidade e segurança exigidos nas instalações elétricas. Desenvolvidas para garantir segurança e proteção, com grau de proteção IP67, são indicadas e apropriadas para instalação e uso em ambientes extremamente agressivos, como indústrias de mineração, petroquímicas, siderúrgicas, entre outras.

Disponíveis opções com proteções adicionais contra sobrecarga/sobretensão, curto-circuito (disjuntor termomagnético) e choque elétrico (IDR), proporcionando operações seguras e eficazes. Podem ser customizadas de acordo com sua necessidade ou projeto.

Confira os principais diferenciais desta linha:



\*A partir de 125A contatos em cobre cromo.

**STRAHL**  
A ENERGIA QUE CONSTRÓI



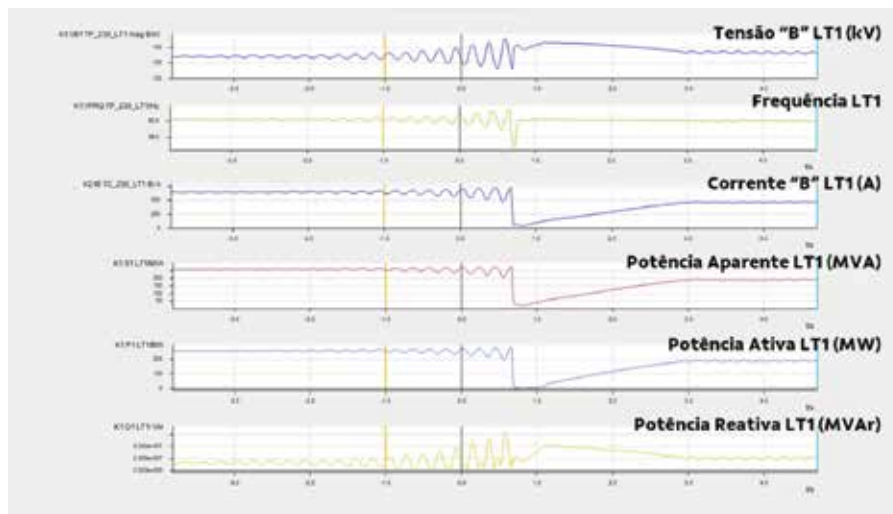


Figura 3 – Oscilação de potência detectada no ponto de conexão por variação analógica

### ESTUDO DE CASO III - Envio de medições fasoriais sincronizadas ao ONS

As medições fasoriais sincronizadas, consistem na medição de fasores com alta taxa de amostragem (até 60 frames por segundo), sincronizadas via GPS. Essa precisão permite um elevado grau de observabilidade em tempo real do sistema, algo que não é alcançado por sistemas supervisórios convencionais. As PMUs também proporcionam análises pós-eventos mais detalhadas e precisas, complementando os registros oscilográficos e fornecendo subsídios para a avaliação de falhas e comportamentos em regime permanente.

O documento "RT-ONS DPL 0553/2023", emitido pelo Operador Nacional do Sistema (ONS), define as instalações que devem fornecer essas medições, especificando as grandezas a serem monitoradas e os requisitos técnicos. No exemplo da Figura 4, serão monitoradas duas linhas de transmissão de 230 kV, juntamente com seus barramentos de acoplamento ao Sistema Interligado Nacional (SIN).

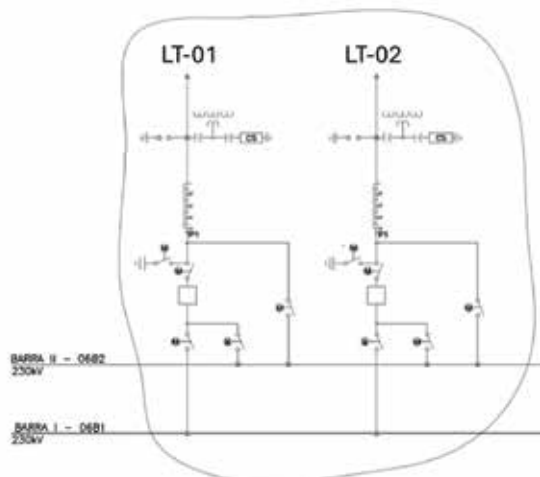


Figura 4 – Oscilação de potência detectada no ponto de conexão por variação analógica

Serão disponibilizados 50 fasores ao ONS, distribuídos igualmente entre os dois circuitos: o circuito 1 (linha de transmissão 1 e barra 1) com 25 fasores, e o circuito 2 (linha de transmissão 2 e barra 2) com outros 25 fasores.

- 3 fasores para módulos de tensões para as linhas de transmissão (TP's das LT's);
- 3 fasores para ângulos de tensões para as linhas de transmissão (TP's das LT's);
- 3 fasores para módulos de correntes para as linhas de transmissão (TC's das LT's);
- 3 fasores para ângulos de correntes para as linhas de transmissão (TC's das LT's);
- 1 fasor para frequência da fase utilizada para sincronismo da linha de transmissão (TP's das LT's);
- 1 fasor para taxa de variação de frequência da fase utilizada para sincronismo da linha de transmissão (TP's das LT's);
- 3 fasores para medição de distorção harmônica total de tensão (THDv) para as linhas de transmissão (TP's das LT's);
- 3 fasores para medição de distorção harmônica total de corrente (THDi) para as linhas de transmissão (TC's das LT's);
- 1 fasor para módulo de tensão para as barras (TP's das barras);
- 1 fasor para ângulo de tensão para as barras (TP's das barras);
- 1 fasor para frequência da fase utilizada para medição de tensão de barra (TP's das barras);
- 1 fasor para taxa de variação de frequência da fase utilizada para medição de tensão de barra (TP's das barras);
- 1 fasor para medição de distorção harmônica total de tensão (THDv) para as barras (TP's das barras).

É importante destacar que, além das orientações do documento "RT-ONS DPL 0553/2023", o submódulo 2.13 dos Procedimentos de Rede detalha os requisitos técnicos e operacionais necessários para a implantação deste sistema.



### ESTUDO DE CASO IV – Disparo entrada em modo de suporte de reativos

Conforme o submódulo 2.10 dos Procedimentos de Rede, centrais geradoras eólicas e fotovoltaicas devem oferecer suporte ao sistema por meio da injeção ou absorção de corrente reativa durante falhas, ajustando-se ao perfil de

tensão. Após o evento de "apagão", o ONS requisitou que a entrada de inversores e conversores no modo de suporte LVRT/HVRT resultasse no disparo de oscilografia no RDP.

Para atender a essa demanda, identificou-se uma barreira na comunicação entre inversores (via protocolo Modbus) e o registrador de perturbações (RDP) que utiliza IEC 61850-

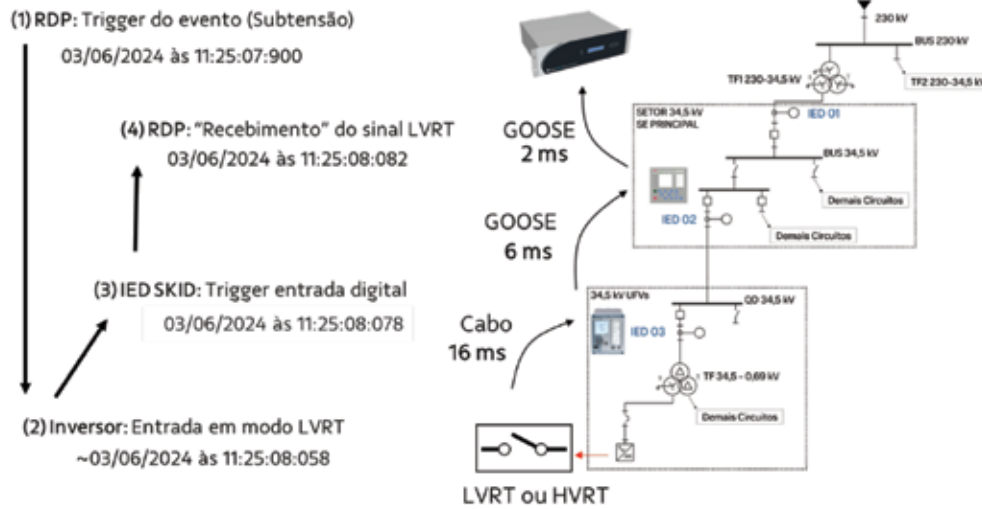


Figura 5 – Sequencial de eventos e unifilar da planta

# Excelência em Transformadores

IRRIGAÇÃO  
ENERGIA FOTOVOLTAICA  
ENERGIA ELÉTRICA  
INDÚSTRIA  
MANUTENÇÃO

**MINUZZI**®

www.minuzzi.ind.br



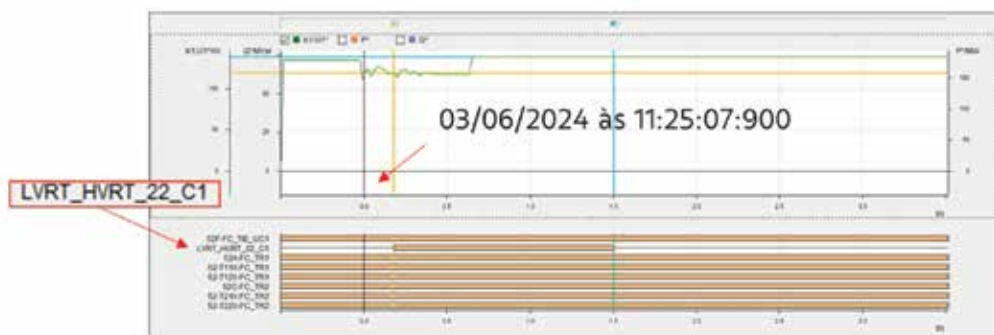


Figura 6 – Registro no RDP - Modo falta do inversor da UFV22, circuito 1

GOOSE. O protocolo GOOSE é ideal para garantir a precisão, pois permite um tempo de transferência máximo de 3 ms (para a edição 2 da norma) ou 10 ms (para a edição 1). No entanto, os inversores não são compatíveis com este protocolo.

A solução encontrada foi utilizar um relé de proteção instalado nos cubículos de 34,5 kV, que recebe o sinal dos inversores via cabo e, em seguida, envia a mensagem ao RDP via GOOSE. Quando os inversores entram em modo de suporte reativo, eles acionam uma saída digital conectada à entrada digital do relé, que publica a mensagem na rede. Um segundo relé de proteção, localizado na subestação elevadora, recebe e retransmite a mensagem ao RDP, que dispara o registro oscilográfico.

A utilização de um relé intermediário foi necessária devido à limitação de canais do RDP, que já estavam ocupados por outras funções de proteção. O relé na subestação coletora organiza a aquisição das mensagens GOOSE provenientes dos eletrocentros do complexo fotovoltaico.

A Figura 5 ilustra à esquerda o sequenciamento dos eventos e à direita o diagrama unifilar da planta. O tempo total entre o acionamento do inversor e o recebimento do sinal no RDP foi de 24 ms.

A Figura 6 apresenta a oscilografia capturada pelo RDP.

Na parte superior, observa-se o comportamento da tensão no ponto de conexão durante o evento, enquanto na parte inferior estão destacados os sinais digitais, com ênfase no registro do modo de falta do inversor da usina UFV22, circuito 1 (LVRT\_HVRT\_22\_C1).

A Figura 7 permite concluir que o evento de subtensão ocorreu às 11h25m07s900, sendo detectado nos terminais do inversor 158 ms depois e registrado no RDP às 11h25m08s082, ou seja, 24 ms após. Esses dados confirmam o sucesso da solução implementada para o disparo de oscilografias, garantindo o monitoramento dos eventos de suporte reativo durante faltas.

#### 4 - AGRADECIMENTO

Agradeço sinceramente a você, leitor, por acompanhar conosco cada edição desta revista, cujo trabalho só faz sentido com a sua presença. Aos coautores, expresse meu profundo agradecimento por embarcarem comigo neste maravilhoso projeto de transferência de conhecimento. Agradeço também à revista O Setor Elétrico pela confiança e parceria ao longo dos anos. Finalmente, à minha amada esposa, Keli Antunes, meu reconhecimento especial, pois sem o seu apoio, nada disso seria possível.

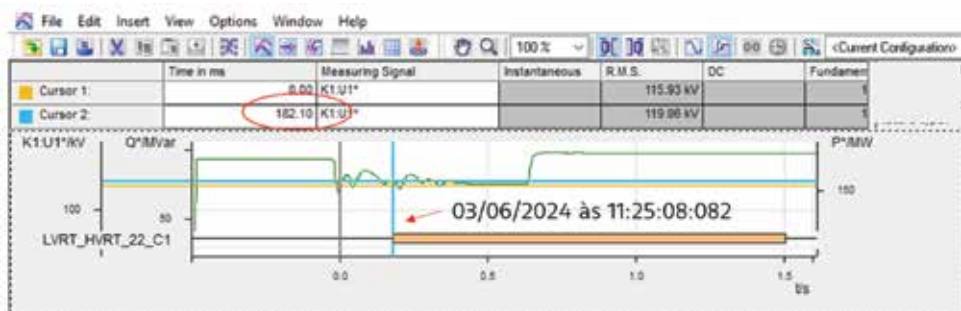


Figura 7 – Registro no RDP – Evento de subtensão e Modo falta do inversor da UFV22

\*Douglas Gabriel Antônio de Oliveira Gomes é Engenheiro Eletricista e Técnico em Eletrotécnica, especializado / pós-graduado em Proteção de Sistemas Elétricos de Potência e Automação de Sistemas Elétricos de Potência, com dez anos de experiência em sistemas elétricos, proteção e controle de sistemas elétricos de potência, manufatura e testes de painéis elétricos.

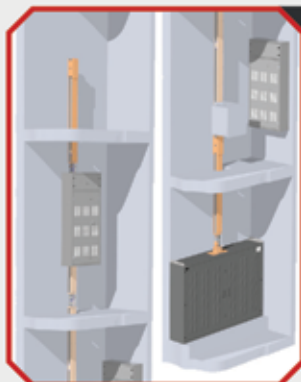


# Confiabilidade em cada conexão!



GIMI POGLIANO  
BARRAMENTOS BLINDADOS

Member Of



## Sistema de Medição Eletrônica Centralizada

É composto por quadro de distribuição compacto (QDC) ou cabine de barramentos, caixas de leitura local e remota, e caixas tipo MEC.



## Barramento Blindado de baixa tensão

### LINHA BX-E

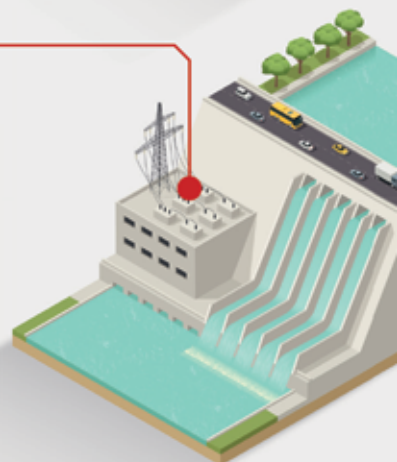
Linhas elétricas pré-fabricadas com capacidade de 320A a 6.300A 3P+N+PE, em alumínio ou cobre, preparado para o monitoramento de temperatura e vibração.



## Barramento Blindado de média tensão

### LINHA BX-MT

É utilizado para o transporte de energia em 17,5kV, 24kV e 36kV, produzido de acordo com a norma NBR-IEC-62.271-200, grau de proteção IP 55, e fornecido nas correntes de 630A, 1250A e 2500A, para sistemas de fases segregadas e não segregadas.



(11) 4752-9900



vendas@gimi.com.br



gimi pogliano



gimipogliano.com.br



## Perdas energéticas em GTD

*Um dos grandes desafios para o setor elétrico é a redução das perdas energéticas em geração, transmissão e distribuição, pois elas impactam não somente os consumidores, como toda a cadeia responsável pelo fornecimento de energia no país. A partir desta edição, teremos como mentor deste fascículo o engenheiro eletricista e professor adjunto da Universidade Federal do ABC, Joel David Melo Trujillo, que possui mestrado e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.*



## Capítulo 8

### Influência das perdas não técnicas nos estudos de reconfiguração e regulação de tensão em redes de distribuição elétrica

Por Joel David Melo Trujillo, \*Richard Wilcamango Salas,  
\*João Paulo Carretto e \*Jader Kayque Marques de Campos

#### CONTEXTO SOCIAL E ECONÔMICO DAS PERDAS NÃO TÉCNICAS NA DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA

As redes elétricas desempenham um papel central no desenvolvimento econômico e social de qualquer país, assegurando o fornecimento confiável e contínuo de energia elétrica. No entanto, as perdas não técnicas (PNTs), também conhecidas como perdas comerciais, representam um desafio significativo para as distribuidoras de energia ao redor do mundo, podendo atingir até 40% da energia total transmitida e distribuída [1]. Essas perdas impactam diretamente o desempenho das redes de distribuição, podendo comprometer a qualidade do fornecimento de energia e reduzindo a receita das concessionárias de energia [2].

As principais causas das perdas comerciais estão relacionadas ao furto de eletricidade, erros na leitura de medidores, falhas na manutenção dos registros, problemas contábeis e deficiências na infraestrutura elétrica. Exemplos comuns dessas perdas são medidores defeituosos, desvios de equipamentos de medição, fornecimento de energia sem medição adequada e fraudes, como a adulteração de medidores. Esses fatores afetam tanto os consumidores, que arcam com o custo das PNTs nas tarifas de energia, quanto as empresas, que enfrentam uma redução na arrecadação e dificuldades na identificação e controle dessas perdas, resultando em prejuízos financeiros que podem ultrapassar bilhões

de dólares anualmente [3].

No Brasil, as PNTs representam um desafio significativo devido aos fatores socioeconômicos e à vasta extensão territorial do país. Em 2023, as PNTs totalizaram 38,2 TWh, correspondendo a cerca de 6,7% da energia injetada no sistema de distribuição, o que equivale a aproximadamente 9,9 bilhões de reais [4]. Apesar das regulamentações estabelecidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) para mitigar essas perdas, o consumo de eletricidade não faturado continua impactando as tarifas e a capacidade de investimento das distribuidoras [5].

As concessionárias brasileiras de energia têm adotado diversas estratégias para combater as PNTs, incluindo a implementação de projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) em colaboração com instituições acadêmicas. Essas iniciativas visam desenvolver soluções tecnológicas e operacionais que consideram variáveis técnicas, econômicas, sociais, culturais e geográficas específicas de cada região. A abordagem integrada é essencial para criar políticas públicas e regulatórias que favoreçam tanto as empresas quanto a sociedade [5].

O aumento da eficiência das redes de distribuição e o desenvolvimento contínuo de pesquisas são fundamentais para encontrar soluções que diminuam as perdas técnicas e não técnicas. A análise do impacto das PNTs no sistema de distribuição permite justificar maiores investimentos por parte das distribuidoras,

além de incentivos fiscais e financeiros por parte do governo e da ANEEL. Este artigo busca ampliar o entendimento sobre os efeitos das PNTs, avaliando a reconfiguração de sistemas de distribuição (RSD) e o controle de tensão por reguladores (RTs), considerando os impactos de diferentes níveis de PNT nos alimentadores. O objetivo deste trabalho é verificar como o aumento das PNTs influencia nos estudos de reconfiguração da rede e o ajuste da posição do tap dos reguladores de tensão.

### Contextualização dos impactos das PNT nos estudos de reconfiguração da rede e o controle de tensão por meio de Reguladores de Tensão

A eficiência das redes de distribuição é importante para garantir a qualidade e a continuidade do fornecimento de energia elétrica. No entanto, as PNTs apresentam desafios significativos para os operadores e planejadores do sistema de distribuição [6]. Nos estudos de planejamento de expansão das redes, a RSD visa encontrar a melhor topologia da rede que atenda à demanda com o menor nível de perdas técnicas possível e que cumpra os critérios de confiabilidade do sistema. Igualmente, os RTs ajustam os níveis de tensão para garantir que estejam dentro de limites adequados em toda a rede de distribuição. No entanto, altos níveis de PNT em regiões próximas aos alimentadores de distribuição podem provocar sobrecargas, comprometendo a confiabilidade e afetando diretamente os estudos de RSD e os ajustes de RTs [7], [8].

Diante disso, é importante analisar como os diferentes níveis de PNT podem mudar os resultados obtidos nos estudos de RSD e os ajustes de RTs, a fim de identificar áreas críticas que exijam intervenções específicas para mitigar os impactos de PNT. Assim, este trabalho investiga de que forma o aumento das PNTs influencia no número de comutações de chaves e, também, no controle de tensão, via mudanças no tap dos RTs, em alimentadores de média tensão. A

análise considera os níveis estimados de PNT por transformador da rede. A estimativa das PNTs foi realizada com base na metodologia proposta por [10], que utiliza um modelo de regressão espaço-temporal. Esse modelo leva em conta indicadores socioeconômicos, histórico de inspeções realizadas pela concessionária e as dinâmicas urbanas da área de estudo para estimar as taxas de perdas. A compreensão dessas dinâmicas permite que operadores e planejadores das redes elétricas desenvolvam estratégias preventivas mais eficazes para enfrentar os desafios associados às PNTs.

### SIMULAÇÃO DO EFEITO DE DIFERENTES NÍVEIS DE PNT

#### Topologia Inicial

A topologia inicial da rede elétrica é ilustrada na Figura 1, mostrando os principais elementos de um alimentador de média tensão com um comprimento aproximado de 2,9 km e considerando as informações de uma cidade no interior do estado de São Paulo. A Figura 2 mostra o perfil de carga desse alimentador para às 20h, que é seu pico de demanda nos dias úteis. Tal alimentador é operado com uma tensão nominal de 11,4 kV, com limites de tensão superior e inferior estabelecidos em 1,05 pu e 0,93 pu, respectivamente. O alimentador de distribuição é composto por 494 nós, uma subestação localizada no nó 1, 30 chaves de interconexão (CI) normalmente fechadas (NF), 6 CI normalmente abertas (NA) e um RT inserido entre os trechos 257-258. A instalação do RT nesse trecho é justificada pelo perfil de tensões do alimentador quando opera sem o RT, permitindo ajustes em áreas com maior queda de tensão devido à distância da subestação. O RT é capaz de realizar 33 derivações, oferecendo 16 posições de redução de tensão, uma posição neutra e 16 posições de reforço de tensão. Cada ajuste do tap altera a tensão em 0,625%, proporcionando uma variação de até  $\pm 10\%$  do valor nominal.

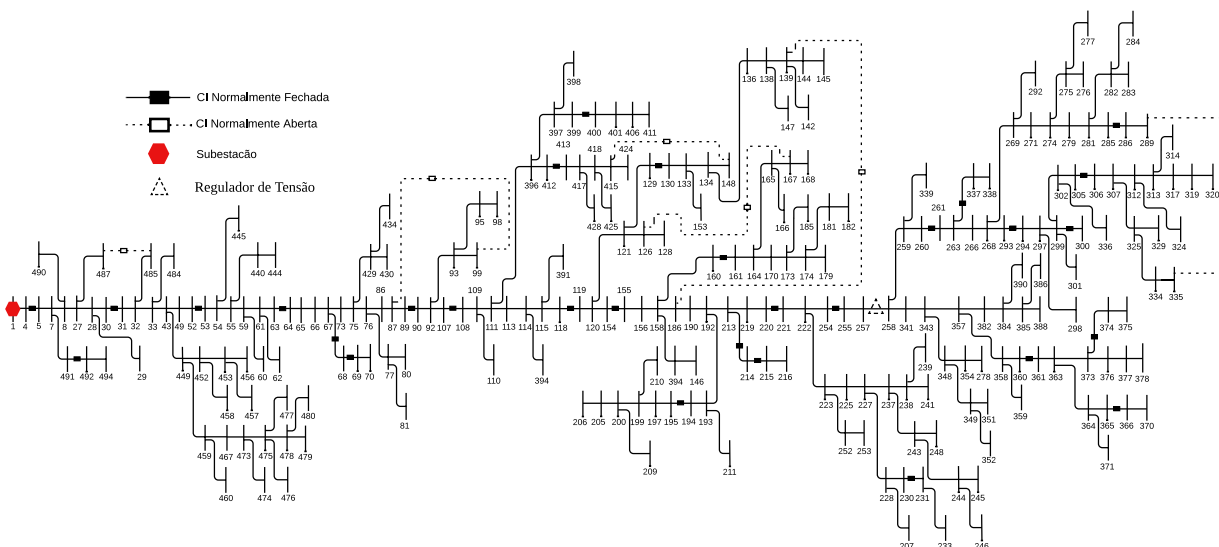


Figura 1 – Sistema de 494 nós



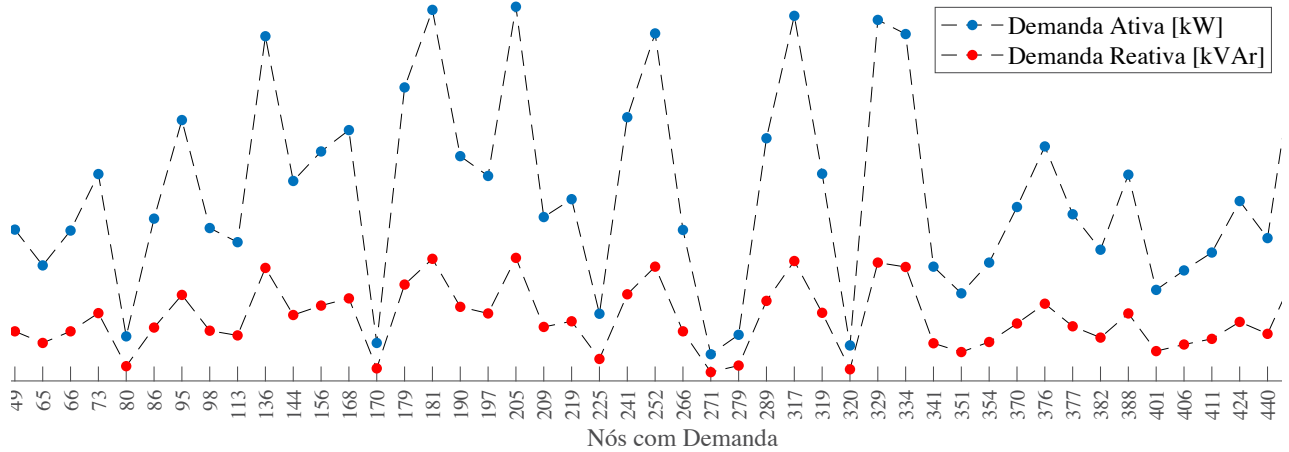


Figura 2– Nós de carga do Sistema

Adicionalmente, na configuração inicial da rede, apresentada na Figura 1, destacam-se as CI abertas, o RT e a ausência de PNT. Nesta configuração, o sistema apresenta potências ativa e reativa fornecidas pela subestação de 2947,48 kW e 999,51 kVAr, demandas ativas e reativa de 2922,25 kW e 961,05 kVAr, respectivamente, e perdas totais de 46,0046 kVA.

### CENÁRIOS DE ESTUDO

Um modelo de otimização baseado em programação cônica de segunda ordem binária mista (PCSOBM) foi utilizado para avaliar o efeito de diferentes níveis de PNT. A função objetivo (FO) considera a minimização das perdas ativas totais, e as restrições incluem operação em regime permanente, reconfiguração do sistema, regulação de tensão, topologia radial e limites operacionais de corrente e tensão. Maiores informações do modelo de otimização utilizado estão disponíveis em [9]. Dos 49 nós de carga analisados (Figura 2), 11 foram identificados como suscetíveis à ocorrência de PNT (Figura 3) utilizando a metodologia apresentada em [10].

Adicionalmente, foram analisados três casos de estudo para

ilustrar o impacto das PNTs na reconfiguração da rede e no ajuste do tap do RT: (1) RSD considerando um tap fixo no RT; (2) Mudança do tap do RT sem a realização da RSD; e (3) Mudança do tap do RT e a execução da RSD. Cada caso foi avaliado sob quatro níveis de injeção de PNTs: 0%, 10%, 20% e 30% da potência fornecida pela subestação, conforme apresentado na Figura 3.

### Caso I: RSD considerando um tap fixo

Neste primeiro caso, a avaliação considera que o tap do RT no trecho 257-258 se manterá fixo na posição 9. Logo, as chaves serão comutadas em função do incremento dos níveis de PNT, encontrando novas topologias da rede, procurando uma configuração da rede com menores valores de perdas totais. Os resultados das simulações e os perfis de tensão para os quatro níveis de PNT são apresentados na Tabela 1 e na Figura 4.

A Tabela 1 apresenta as chaves que sofreram alguma comutação durante a RSD, juntamente com os trechos que não alteraram seu estado, como o trecho 160-161, mas que mudaram em relação à configuração inicial ilustrada na Figura 1. Nessa tabela, a coluna  $N_c$  apresenta o número total de comutações das CI em

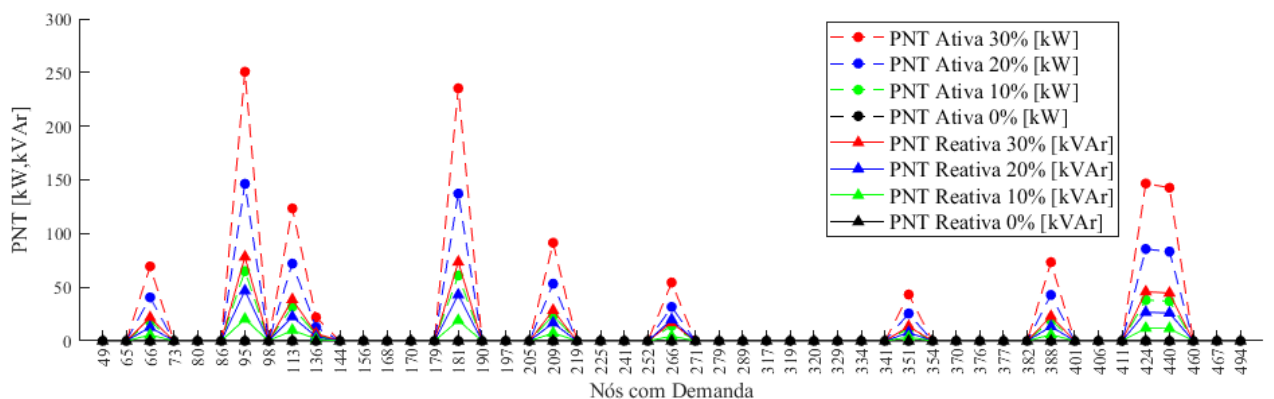


Figura 3– Nós com ocorrência de PNT

relação à configuração inicial da Figura 1. Na Figura 4, observa-se que os perfis de tensão na zona não regulada (a montante do nó 257) são bastante semelhantes, com quedas de tensão levemente maiores com o aumento dos níveis de PNT. Finalmente, as  $V$  aumentam em cada trecho, aproximando-se do valor nominal típico de chaves de rede de média tensão (cerca de 400 A) à medida

que os níveis de PNTs aumentam. Por exemplo, no nível de 30% de PNT o valor da corrente tem uma diferença de 2,2% em relação ao valor nominal. Tal valor percentual pode dificultar as manobras das chaves em caso de emergências ou em contingências, sendo necessário avaliar outras alternativas de controle como a mudança do tap do RT, que será apresentada no seguinte caso.

Tabela 1 – Resumo dos resultados do Caso I

PNT [%PS]	tap	$N_c$	$V$ [pu]	$V$ [pu]	$I$ [A]	Trechos comutados e Estado das CI					
						129-130	148-415	285-286	289-335	160-161	126-167
0%	9	-	0,9869	1,0424	272,98	0	1	0	1	0	1
10%	9	2	0,9856	1,0410	303,51	0	1	1	0	0	1
20%	9	2	0,9839	1,0392	342,13	0	1	0	1	0	1
30%	9	2	0,9818	1,0370	391,20	1	0	0	1	0	1

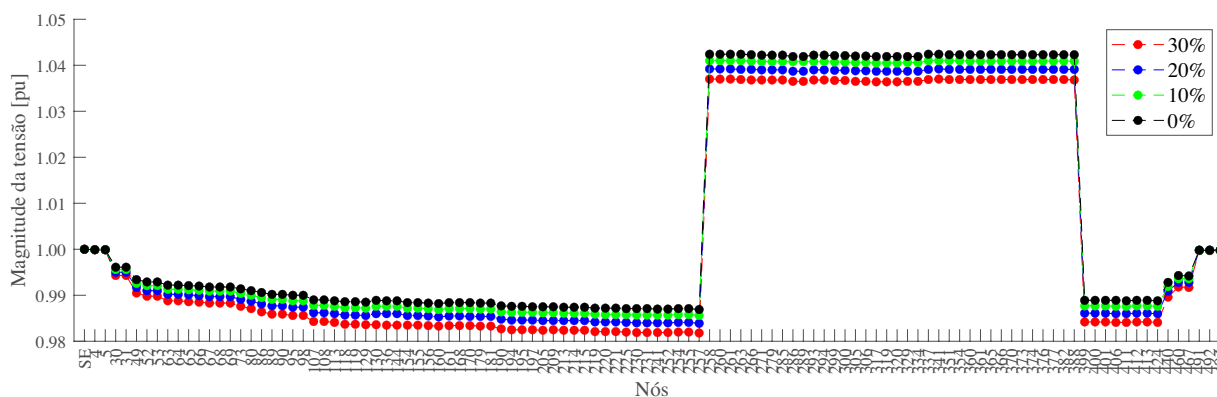


Figura 4– Perfil da magnitude de tensão no Caso I



## Painéis Elétricos de média e baixa tensão

Os Painéis Elétricos Actemium combinam qualidade e segurança, oferecendo a solução ideal para o seu projeto.

- ✦ Capacidade produtiva de 3.500 painéis por ano
- ✦ Produto customizado para os nossos clientes
- ✦ Capacidade de até 2.000 m<sup>2</sup> de eletrocentro
- ✦ Dimensões reduzidas, fácil acesso e manutenção
- ✦ Produção verticalizada, qualidade e robustez



**Gostou? Entre em contato conosco**

Fale com um especialista em [brasil@actemium.com](mailto:brasil@actemium.com)

### Caso II: Mudança do tap do RT sem a realização da RSD

No segundo caso, a avaliação considera a variação da posição do tap do RT, em função do incremento dos níveis de PNT, sendo fixada a topologia da rede. Tal topologia é o resultado da RSD juntamente com a regulação de tensão para o nível de PNT de 0%. Os resultados das simulações e os perfis de tensão para os quatro níveis de PNT são apresentados na Tabela 2 e na Figura 5.

A Tabela 2 apresenta apenas os trechos onde ocorreu comutação das CI em relação à configuração inicial da Figura 1. Na Figura 5, semelhante ao que acontece na Figura 4 do Caso 1, os níveis de tensão na região não regulada também são bastante

semelhantes, com quedas de tensão que aumentam à medida que os níveis de PNTs crescem, o que não se verifica na zona regulada (a jusante do nó 258). Por outro lado, há variação do número de posições do tap do RT, que flutua conforme os níveis de PNTs aumentam, mas permanece dentro dos limites de tensão permitidos. Finalmente, tal como no Caso 1, as  $I$  aumentam em cada trecho, aproximando-se do valor nominal de 400 A à medida que os níveis de PNTs aumentam. Igualmente, o valor da corrente tem uma diferença de 2,2% em relação ao valor nominal, sendo necessário avaliar uma mudança conjunta do tap do RT e das chaves de CI da rede, como será analisado no seguinte caso.

Tabela 2 – Resumo dos resultados do Caso II

PNT [%PS]	tap	$V$ [pu]	$V$ [pu]	$I$ [A]	Trechos comutados e Estado das CI					
					126-167	129-130	148-415	160-161	289-335	305-306
0%	9	0,987	1,042	273,00	1	0	1	0	1	0
10%	10	0,986	1,047	303,51	1	0	1	0	1	0
20%	6	0,984	1,021	342,13	1	0	1	0	1	0
30%	10	0,982	1,043	391,15	1	0	1	0	1	0

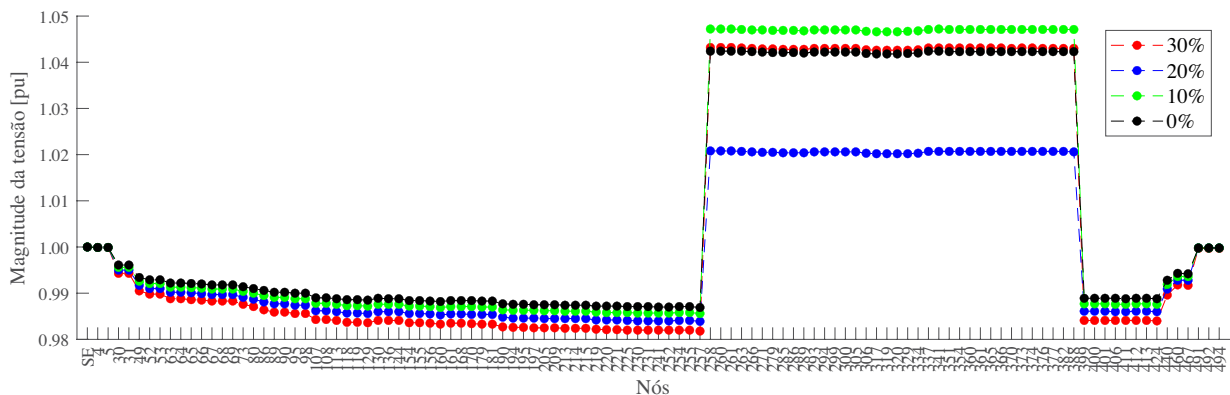


Figura 5– Perfil da magnitude de tensão no Caso II

### Caso III: Mudança do tap do RT e a execução da RSD

Neste terceiro caso, avalia-se o impacto das PNT ao realizar a RSD juntamente com o RT instalado no trecho 257-258. A Tabela 3 e a Figura 6 mostram os resultados mais significativos encontrados para cada nível de PNT. A análise deste caso tem início com a configuração e posição do tap do RT, encontrados quando a injeção de PNT é nula.

Na Tabela 3 são apresentados apenas os trechos e o estado de suas respectivas CI que sofreram comutações conforme aumentaram os níveis de PNT. Igualmente, nessa tabela são detalhados os trechos que não têm alteração em seu estado, como o trecho 126-167, mas que muda a configuração em relação à Figura 1. À medida que os níveis de PNT se elevaram, houve variações tanto nas posições do tap do RT quanto nos estados das CI. Por exemplo, ao elevar o nível de PNT de 0% para 10%, o valor do tap

diminuiu em 6 posições e o número de comutações ( $N_c$ ) observado foi de 2. Em relação aos perfis de tensão na zona não regulada, observou-se ainda uma maior queda de tensão com o aumento dos níveis de PNT, o que não ocorreu na zona regulada. Os valores máximos de tensão ( $V$ ) permaneceram dentro do limite máximo estabelecido de 1,05 pu, e as correntes máximas ( $I$ ) aumentaram em cada trecho, aproximando-se do valor nominal das chaves, de 400 A, à medida que os níveis de PNT cresceram. Diferente dos casos anteriores, houve um leve incremento na diferença percentual, atingindo o valor de 2,3% em relação ao valor nominal. A partir desses resultados, pode-se deduzir que podem ser necessários novos equipamentos de controle de tensão ou a instalação de CI, a fim de diminuir a corrente total no alimentador. Uma discussão sobre essas novas instalações será apresentada na próxima seção deste trabalho.



**30**  
ANOS

**neo**  
**cable**  
Condutores Elétricos

# Abastecendo o setor elétrico com confiança.



Com uma estrutura de produção robusta e um compromisso constante com a qualidade, a Neocable abastece o mercado com cabos de qualidade, durabilidade e segurança asseguradas.

- ✓ **O maior fabricante** no mercado privado de distribuição
- ✓ Capacidade produtiva **de 15mil toneladas/ano**
- ✓ **Moderno parque fabril** com mais de 45mil m<sup>2</sup>
- ✓ **Atendimento personalizado** em todo o ciclo do pedido

A confiança de sempre,  
a certeza do futuro.  
Isso é Neocable.

 (11) 4891-1226  
 [neocable.com.br](http://neocable.com.br)

Tabela 3 – Resumo dos resultados do Caso III

PNT [%PS]	tap	N <sub>c</sub>	V[pu]	V[pu]	I[A]	Trechos comutados e Estado das CI								
						89-90	87-99	285-286	289-335	305-306	126-167	129-130	148-415	160-161
0%	9	-	0,9869	1,0424	272,98	1	0	1	1	0	1	0	1	0
10%	3	2	0,9856	1,0041	303,51	1	0	1	0	1	1	0	1	0
20%	3	4	0,9844	1,0028	342	0	1	0	1	1	1	0	1	0
30%	7	0	0,9824	1,0253	390,99	0	1	0	1	1	1	0	1	0

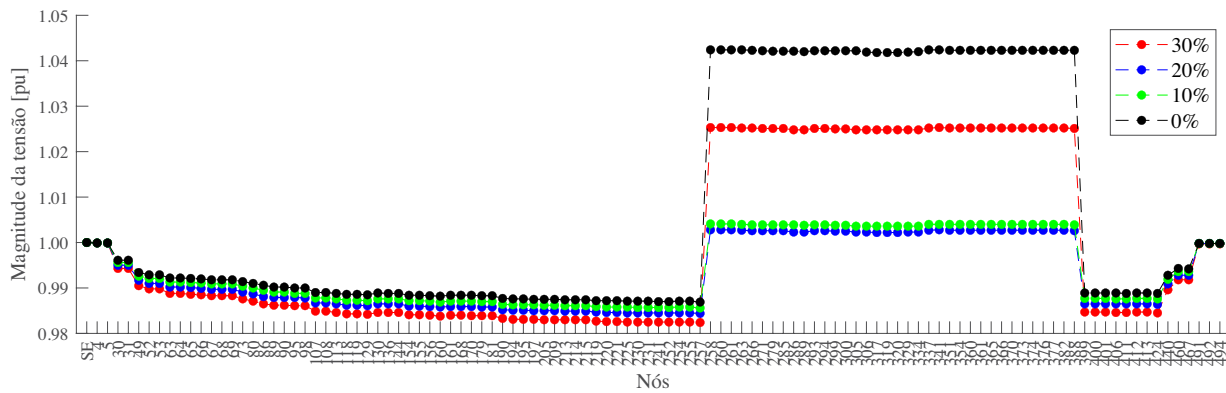


Figura 6– Perfil da magnitude de tensão no Caso III

## DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os cenários apresentados com níveis de PNTs mostram o impacto significativo no carregamento do alimentador de distribuição, resultando em quedas de tensão mais pronunciadas, podendo acelerar a depreciação dos componentes da rede pelo aumento das comutações das chaves. No entanto, estabelecer uma relação direta entre os aumentos nos investimentos ou o desgaste acelerado dos componentes e as PNTs não é simples. As perdas técnicas e não técnicas estão intrinsecamente associadas no fornecimento de energia pelos sistemas de distribuição. Embora sejam de naturezas diferentes, ambas impactam o desempenho da rede. À medida que os níveis de PNTs aumentam, as perdas técnicas também tendem a crescer, criando um ambiente interdependente no qual essas variáveis se influenciam mutuamente. Esse comportamento conjunto dificulta a identificação das causas e dos efeitos isolados de cada tipo de perda, exigindo uma análise mais detalhada do sistema de distribuição como um todo.

Atualmente, as distribuidoras utilizam curvas típicas obtidas em campanhas de medição reguladas pela ANEEL para estimar o comportamento médio de seus consumidores. Com base nessas curvas e em modelos matemáticos, é possível calcular o fluxo de potência do sistema de distribuição e as

perdas técnicas associadas. Em geral, as PNTs são calculadas como a diferença entre a perda total e a perda técnica, o que envolve certas aproximações e incertezas inerentes ao processo. Portanto, isolar e analisar as perdas comerciais sem a influência dos demais fatores continua sendo um desafio considerável.

Por outro lado, os resultados deste trabalho destacam a variação no ajuste de taps e a mudança na topologia da rede causadas pelo aumento do carregamento do sistema de distribuição. Assim, observa-se que o aumento de carregamento devido às perdas comerciais contribui para o acionamento mais frequente de equipamentos de qualidade de energia e de dispositivos de manobra, podendo reduzir sua vida útil e elevando os custos associados à manutenção e substituição de equipamentos.

Finalmente, os resultados apresentados reforçam a necessidade de maior atenção por parte das equipes técnicas e de planejamento das distribuidoras no enfrentamento das PNTs. A integração de ferramentas de monitoramento mais avançadas, bem como a implementação de novas estratégias de reconfiguração de rede com base em medições em tempo real, podem ser soluções eficazes para mitigar os impactos negativos das PNTs. Além disso, compreender a correlação entre as PNTs e os custos operacionais das concessionárias pode fornecer uma base para revisar os modelos de



investimento e priorizar melhor os recursos.

Para engenheiros e operadores de redes, identificar regiões críticas onde as PNTs afetam diretamente a vida útil dos equipamentos e a confiabilidade do sistema é essencial para o planejamento de ações preventivas. Esse enfoque proativo não apenas melhoraria a eficiência operacional, mas também poderia reduzir significativamente os custos com manutenção, aquisição de equipamentos, entre outros, além de prolongar a vida útil dos ativos do sistema elétrico, contribuindo para uma operação mais sustentável e econômica.

## REFERÊNCIAS

[1] Kumar V., S., Prasad, J. and Samikannu, R. (2017) 'Overview, issues and prevention of energy theft in smart grids and virtual power plants in Indian context', *Energy Policy*, 110, pp. 365–374. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.08.032>.

[2] Yadav, R. and Kumar, Y. (2021) 'Detection of Non-Technical Losses in Electric Distribution Network by Applying Machine Learning and Feature Engineering', *Journal Européen des Systèmes Automatisés*, 54(3), pp. 487–493. Disponível em: <https://doi.org/10.18280/jesa.540312>.

[3] Corton, M.L., Zimmermann, A. and Phillips, M.A. (2016) 'The low cost of quality improvements in the electricity distribution sector of Brazil', *Energy Policy*, 97, pp. 485–493. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.07.052>.

[4] Disponível em: [https://git.aneel.gov.br/publico/centralconteudo/raw/main/relatorioeindicadores/tarifaeconomico/Relatorio\\_Perdas\\_Energia.pdf](https://git.aneel.gov.br/publico/centralconteudo/raw/main/relatorioeindicadores/tarifaeconomico/Relatorio_Perdas_Energia.pdf)

[5] Savian, F. de S. et al. (2022) 'Non-technical Losses in Brazil: Overview, Challenges, and Directions for Identification and Mitigation', *International Journal of Energy Economics and Policy*, 12(3), pp. 93–107. Disponível em: <https://doi.org/10.32479/ijeep.12614>.

[6] Disponível em: [https://gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/38\\_castro211.pdf](https://gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/38_castro211.pdf)

[7] Civanlar, S. et al. (1988) 'Distribution feeder reconfiguration for loss reduction', *IEEE Transactions on Power Delivery*, 3(3), pp. 1217–1223. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/61.193906>.

[8] Sambaiah, K.S. and Jayabarathi, T. (2020) 'Loss minimization techniques for optimal operation and planning of distribution systems: A review of different methodologies', *International Transactions on Electrical Energy Systems*, 30(2), p. e12230. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/2050-7038.12230>.

[9] Carretto, J.P., Salas, R.W. and Melo, J.D. (2024) 'Impacto das Perdas Não-Técnicas na Reconfiguração e Regulação de Tensão em Sistemas de Distribuição Elétrica'. (submetido à publicação).

[10] Ventura, L. et al. (2023) 'Estimation of non-technical loss

rates by regions', *Electric Power Systems Research*, 223, p. 109685. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2023.109685>.

\*Richard Wilcamango Salas é engenheiro mecatrônico com doutorado em Engenharia Elétrica pela UNESP. Atualmente desenvolve estágio de pós-doutorado na Universidade Federal do ABC, no Programa de Pós-Graduação em Energia.

---

\*João Paulo Carretto é engenheiro de energia pela Universidade Federal do ABC. Atua no setor de suprimentos da EDP Brasil, como analista de planejamento. Possui experiência no processo de S&OE (Sales & Operations Execution) e suas áreas de interesse incluem métodos de otimização e redução de perdas de energia elétrica.

\*Jader Kayque Marques de Campos é engenheiro eletricista, mestrando em Engenharia Eletrônica e Computação pelo ITA e pós graduado em Sistemas Elétricos de Potência pela UMC. Atualmente, atua no Planejamento da Expansão como engenheiro de Planejamento na EDP Brasil.





# Confira insights e curiosidades sobre o processo de atualização das normas NR 10, NBR 14039 e NBR 5410



## NR 10

SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE | Por Aguinaldo Bizzo



### NR 10 E OS NOVOS PROCESSOS DE GERAÇÃO

Conforme texto colocado em consulta pública em 2020, vide Aviso da Consulta Pública nº 1/2020, no processo de revisão da Norma Regulamentadora nº 10 (Norma Regulamentadora de Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade), é descrito no item que se refere ao campo de aplicação, que “Esta NR se aplica às fases de geração, transmissão, distribuição e consumo das diversas fontes de energia elétrica, incluindo as etapas de projeto, construção, montagem, operação e manutenção de instalações elétricas de baixa, média e/ou alta tensão, em corrente alternada e/ou contínua, de caráter permanente ou temporário”.

De que forma novos processos de geração de energia elétrica serão tratados na NR10?

Desde a publicação da NR10, em 2005, novos processos de geração de energia elétrica foram introduzidos, como por exemplo, usinas eólicas e solares, bem como também surgiram novos elementos relacionados à transição energética, como, por exemplo, a expansão do uso de veículos elétricos.

A princípio, todos esses novos processos que envolvem energia elétrica deverão ser contemplados na aplicação da NR10, considerando suas peculiaridades, uma vez que existem condições específicas de exposição ao perigo de eletricidade e, conseqüente, níveis de riscos elétricos e perigos externos intrínsecos a cada processo produtivo.

É necessário que as instalações elétricas sejam avaliadas de forma estratificada, considerando todos os cenários existentes,

com premissas estabelecidas na NR10 e NR1, quanto à hierarquia das medidas de controle. Também deve ser avaliado o Inventário de Riscos do PGR, que deve ser feito de forma adequada para que se tenha uma “real classificação” do nível de risco das atividades desenvolvidas nesses novos processos de trabalho.

Infelizmente, por falta de conhecimento dos diversos personagens que atuam no processo de avaliação de Perigos e Riscos Elétricos, situações específicas desses diversos processos são banalizadas na análise de risco.

É fundamental ressaltar que, novos processos de geração de energia elétrica, como eólica e solar, possuem peculiaridades intrínsecas que exigem avaliação estratificada dos diversos cenários elétricos que compõem esses processos, para que se tenha a correta aplicação das premissas estabelecidas na NR10 e NR1.

Avaliação específica será necessária no processo produtivo de veículos elétricos, onde dentre outros fatores, tem-se como uma das principais mudanças, o nível de tensão elétrica das baterias, onde por exemplo, ao invés 12 volts, que é caracterizado como EBT, existem veículos com baterias com tensão elétrica acima de 300 volts, caracterizada como BT. Essa condição tem impacto direto e significativo na interpretação e aplicação da NR10, e, de forma intrínseca, introduz mudanças na concepção de avaliação de riscos elétricos, especialmente choque elétrico e arco elétrico.

Esses novos processos serão tratados de forma estratificada em futuros artigos.



## CLASSIFICAÇÃO DOS CONDUTORES

A futura edição da NBR 5410 trará uma novidade interessante que simplifica a comunicação dentro da norma quanto a algumas características técnicas dos condutores elétricos.

Em diversos trechos da norma, tem-se requisitos como “os cabos devem ser não-propagantes de chama, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos”.

Com a nova proposta, esta mesma redação ficará: “os cabos devem ser conforme as categorias CP4 e CH2”.

Para tanto, a norma definiu três categorias para os condutores elétricos:

- Categoria CP – referente à resistência à propagação de chama
- Categoria CH – referente à emissão de halogênios e fumaça
- Categoria CR – à resistência ao fogo

Segue o texto proposto:

6.2.3.4 Os cabos unipolares e multipolares e os condutores isolados são classificados quanto à resistência à propagação de chama como:

- a) CP1 – Não é exigido nenhum requisito quanto à propagação de chama

- b) CP2 – Resistente à propagação de chama conforme a ABNT NBR NM-IEC 60332-1

- c) CP3 – Resistente à propagação de chama conforme a ABNT NBR NM-IEC 60332-3-25 (categoria D de queima)

- d) CP4 – Resistente à propagação de chama conforme a ABNT NBR NM-IEC 60332-3-24 (categoria C de queima)

- e) CP5 – Resistente à propagação de chama conforme a ABNT NBR NM-IEC 60332-3-23 (categoria B de queima)

- f) CP6 – Resistente à propagação de chama conforme a ABNT NBR NM-IEC 60332-3-22 (categoria A de queima)

6.2.3.5 Os cabos unipolares e multipolares e os condutores isolados são classificados quanto à emissão de halogênios e fumaça como:

- a) CH1 – Halogenado e com emissão de fumaça  
b) CH2 – Não halogenado e com baixa emissão de fumaça, conforme a ABNT NBR 13248

6.2.3.6 Os cabos uni e multipolares são classificados quanto à resistência ao fogo como:

- a) CR1 – Não resistente ao fogo  
b) CR2 – Resistente ao fogo conforme a ABNT NBR 13418





**INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE MÉDIA TENSÃO** | Por Marcos Rogério



**TESTES FINAIS EM INSTALAÇÕES MT – RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO**

Na edição passada (nº 206) chamamos a atenção para a necessidade de, quando da conclusão da construção ou reforma de uma instalação elétrica em MT, serem executados testes finais. A primeira providência é a execução de uma inspeção visual. Essa inspeção visual deve incluir no mínimo a verificação dos seguintes pontos (quando aplicáveis):

- A) Medidas de proteção contra os choques elétricos, incluindo a medição de distâncias mínimas relativas à proteção por barreiras ou invólucros, por obstáculos ou pela colocação fora de alcance;
- B) Presença de barreiras contra o fogo e outras precauções contra propagação de incêndio e proteção contra efeitos térmicos;
- C) Verificação de que os condutores instalados correspondem aos selecionados no projeto e que foram corretamente instalados;
- D) Tipo e modelo dos dispositivos de proteção e monitoração instalados e seus ajustes;
- E) Presença de dispositivos de seccionamento e comandos, corretamente localizados;
- F) Seleção dos equipamentos e das medidas de proteção de acordo com as influências externas que foram projetadas;
- G) Correta identificação de todos os condutores;
- H) Presença de esquemas elétricos, listas de materiais, avisos e outras informações similares;
- I) Existência de etiquetas para a identificação dos circuitos, fusíveis, disjuntores, seccionadoras, terminais, transformadores etc;
- J) Correta execução das conexões;
- I) Acessibilidade conveniente para operação e manutenção;
- M) Medição das distâncias mínimas entre fases, fase e neutro e fase e terra;
- O) Verificação de que as saídas de emergência estão livres e operacionais; e
- P) Verificação de integridade do sistema de aterramento contra danos, como condutores quebrados, cortados ou desconectados, e sinais de corrosão nos eletrodos e conexões.

Após a realização dessa inspeção visual, é importante proceder a um teste da instalação. Esse teste deve englobar os seguintes itens:

- A) Continuidade elétrica dos condutores de proteção e das ligações equipotenciais principais e suplementares;
- B) Resistência de isolamento da instalação elétrica;
- C) Teste de tensão aplicada;
- D) Teste para determinação da resistência de aterramento conforme prescrito na ABNT NBR 15749; e
- E) Testes de funcionamento.

Na edição 206, nossa discussão foi dirigida para os testes de funcionamento. Agora, gostaria de chamar a atenção do leitor para a verificação da resistência de isolamento da instalação.

A resistência de isolamento deve ser medida entre os condutores vivos, tomados dois a dois, e entre cada condutor vivo e a terra.

A medida da resistência de isolamento de circuitos, entre cada fase separadamente e fase-terra, deve ser obtida com a aplicação mínima de 5kV durante 1 minuto e atender aos valores da TABELA 1.

**Tabela 1 – Valores mínimos da resistência de isolamento**

TENSÃO NOMINAL DA INSTALAÇÃO $U_r$ (kV)	VALOR MÍNIMO $M\Omega$
Até 13,8	30
>13,8 e $\leq$ 34,5	50

Mais uma vez, destaco que uma instalação adequadamente projetada, corretamente construída, com emprego de componentes de qualidade e certificados, e testada conforme as normas técnicas, será sempre a segurança para os operadores, para o proprietário e para toda a sociedade.



# INTERLIGAÇÃO GERADOR-REDE

RELÉS MULTIFUNÇÃO PARA A PROTEÇÃO DE SISTEMAS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E CENTRALIZADA

## URP 6000

DIRECIONAL

## URP 6100

BIDIRECIONAL

Atendem  
PRODIST  
REN 1.076/23



### SOFTWARE APLICATIVO



PARAMETRIZAÇÃO AMIGAVEL  
PERFIL DE CARGA



04 SETs DE PROGRAMAÇÃO  
OSCILOGRAFIA



MONITORAMENTO



MEMÓRIA DE MASSA E REGISTRO DE EVENTOS



### URP 6000

Funções ANSI:  
25 / 3 x 27 / 27-0 / 32P / 32Q / 37 / 47 /  
50 / 50Q (46) / 50N / 50GS / 50V / 51 /  
51Q (46) / 51N / 51GS / 51V / 2 x 59 /  
59N (64G) / 62BF / 67 / 67N / 67V / 78 /  
3 x 81U / 2 x 81O / 4 x 81dF/dt / 86 /  
+ sistema LV/BM 4 tensões  
(Copel NTC 905200 – jul/2023)  
+ PRODIST Módulo 3 – REN 1.076/23

### URP 6100

Funções ANSI:  
25 / 3 x 27 / 27-0 / 2 x 32P / 37 / 47 /  
50Q (46) / 50GS / 51Q (46) / 51GS /  
2 x 59 / 59N (64G) / 62BF / 2 x 67 /  
2 x 67N / 78 / 3 x 81U / 2 x 81O /  
4 x 81dF/dt / 86  
+ PRODIST Módulo 3 – REN 1.076/23



**PEXTRON**

Av. Miruna, 502 – Moema – São Paulo – SP  
vendas@pextron.com.br – www.pextron.com



VENDAS: +55 (11)  
**5094-3200**

# Medições em solos de alta resistividade



*\*Paulo Edmundo Freire da Fonseca é engenheiro eletricista e Mestre em Sistemas de Potência (PUC-RJ). Doutor em Geociências (Unicamp), membro do Cigre e do Cobei e também atua como diretor na Paiol Engenharia.*

Já é de conhecimento comum no setor elétrico a existência de dois equipamentos para sondagens geoeletricas (ou, no popular, para medições de resistividades do solo) – o terrômetro e o resistivímetro.

O terrômetro, de uso difundido dentre os engenheiros eletricitas, é um bom equipamento para medições em solos de média para baixa resistividade ( $< 1000 \Omega\text{m}$ ) e com aberturas de medição AB (entre os eletrodos de corrente) de até 100 m.

O terrômetro usualmente tem apenas um mostrador que fornece um único valor – a resistência aparente, que é a relação entre a tensão medida entre os terminais internos dividida pela corrente injetada pelos eletrodos externos. Esta única leitura simplifica a atividade de campo, porém, não fornece nenhuma informação que permita uma avaliação da qualidade da medição realizada.

O resistivímetro, de uso corrente pelos geofísicos e incipiente pelo pessoal do setor elétrico, é adequado para medições em qualquer tipo de terreno, inclusive em locais com solos de elevada resistividade ( $> 1000 \Omega\text{m}$ ) e para aberturas AB maiores (usualmente até 400 m). É um equipamento com mais potência (maior capacidade de injeção de corrente no solo) e mais recursos do que um terrômetro, e por isso, o seu uso exige uma equipe de campo mais qualificada, capacitada para interpretar e avaliar a qualidade de cada parâmetro medido.

Os resultados das medições em cada alinhamento devem ser anotados numa planilha (conforme Figura 1). Em cada leitura devem ser anotados os seguintes parâmetros:

- **Potencial espontâneo (SP, mV)** – potencial telúrico natural do solo, entre os terminais MN, antes da injeção de corrente para fazer as leituras de  $\Delta V$  e  $I$ ;
- **Tensão ( $\Delta V$ , mV)** – diferença de potencial medida entre os eletrodos M e N ( $\Delta V > SP$ ); e

— **Corrente (I, mA)** - corrente injetada no solo através dos eletrodos A e B.

Usualmente, espera-se que as seguintes condições sejam atendidas em cada medição:  $\Delta V > SP$  e  $I > 10 \text{ mA}$ . O  $\Delta V > SP$  é importante porque o SP constitui um ruído na medição, devendo, portanto, ser descontado do  $\Delta V$ , que, por este motivo, deve ser maior do que o SP.

Além dos resistivímetros que fazem as três medições acima, existem outros modelos com operação diferente:

- Quando o botão de medição é premido ele mede o SP, aí injeta a corrente, mede o  $\Delta V$  e já faz a compensação ( $\Delta V - SP$ ) e já informa a ddp líquida (já descontada do SP), produzida apenas pela corrente injetada pelo equipamento;
- Antes de fazer a medição o operador tem que cancelar o SP por meio do ajuste de um potenciômetro no painel do equipamento;
- O equipamento já faz internamente a conta  $(\Delta V - SP)/I$  e já informa diretamente a resistência aparente (da mesma forma que um terrômetro).

Verifica-se, que, a disponibilidade de até três informações exige uma equipe qualificada para em campo avaliar estes parâmetros e, caso os requisitos aplicáveis não sejam atendidos, preparada para tomar as providências necessárias para que se obtenha uma leitura adequada.

Se houver dificuldade para injetar  $I > 10 \text{ mA}$  ou se o  $\Delta V < SP$  há que se obter uma maior injeção de corrente, o que pode ser feito por meio da redução da resistência das hastes de corrente, molhando o solo com uma solução salina, cravando as hastes mais profundamente ou colocando mais hastes em paralelo (recurso aplicável apenas para aberturas AB  $> 20 \text{ m}$ ). Pelo menos o coordenador da equipe deve



estar preparado para avaliar cada medição realizada, verificar o cumprimento dos requisitos de qualidade, e caso necessário, tomar as providências para uma releitura com melhores condições de medição.

Os ajudantes também precisam ser mais qualificados, pois os resistivímetros trabalham com tensões bem mais elevadas do que os terrômetros (de 250 V até 1 kV), condição que exige o uso de EPI adequado (luvas e botas isolantes).

Em solos muito áridos e não muito arenosos, é possível a aplicação de uma camada de água em toda a linha de medição (Figura 2), com o uso de um caminhão tanque. Este recurso da produtividade ao trabalho de medição e não afeta em nada os resultados da medição, pois o volume da camada umedecida é irrelevante frente ao volume de subsolo prospectado. O problema do solo arenoso é que como a areia é muito permeável, ela drena rapidamente a água e depois das primeiras medições na linha o solo já terá secado.

Espaçamento a (m)	SP (mV)	V (mV)	I (mA)
1			
2			
4			
8			
16			
32			
64			

Figura 1: tabela de campo para sondagens com um resistivímetro e arranjo de Wenner.



Figura 2: linha de medição em solo árido umedecida com caminhão tanque.

## Projetados para uso em instalações de distribuição de energia elétrica comercial e industrial

- 225 a 8.000 kVA
- Classe 15 kV: NBI 95 kV
- Classe 24,2 kV: NBI 125 kV
- Classe 36,2 kV: NBI 150 kV
- Frequência: 60 Hz

Os transformadores Romagnole, atendem integralmente ao Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBR, no que tange os requisitos da Portaria Interministerial nº 104 de 22 de março de 2013.



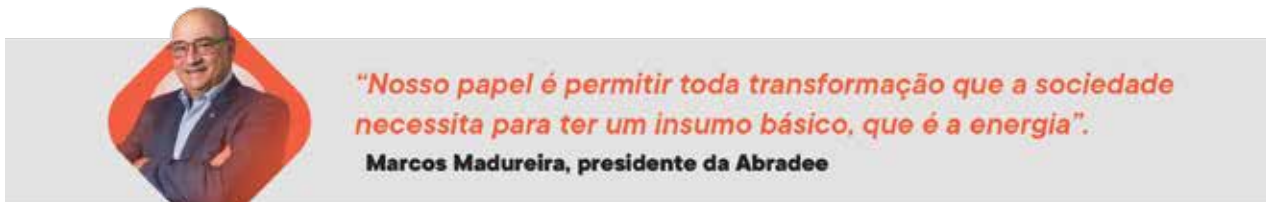


# Sustentabilidade

A trajetória da Abradee para visibilizar temas relevantes do segmento de distribuição

O serviço de energia elétrica já chega a 99,8% da população brasileira. Com isso, o país atingiu o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 7 da ONU, sobre energia limpa e acessível. A Associação Brasileira de Distribuidores de

Energia Elétrica (Abradee) e suas associadas atuam em diversas frentes para avançar na agenda de sustentabilidade, com atenção às iniciativas ASG (Ambientais, Sociais e de Governança). Veja algumas delas a seguir:



## Relatório de Sustentabilidade

Apresenta a jornada do segmento de distribuição em direção à viabilização da transição energética e ao alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU.

## Combate aos Subsídios

Bandeira permanente da Abradee por tarifas justas para todos e o fim dos subsídios desnecessários. Amplo debate sobre temas relevantes na agenda de modernização, como a abertura do mercado e o crescimento da geração distribuída.

## Furto de Energia

Visibilização dos impactos do furto de energia, o 'gato', para a conta de luz e a segurança da população. A Abradee defende diálogo amplo entre concessionárias, Estado e sociedade para combater o crime, que aumenta a tarifa e prejudica o sistema.

## Transição Energética

As distribuidoras de energia elétrica têm papel crucial na transição energética. Elas conectam a energia majoritariamente renovável gerada no Brasil ao consumidor final, permitindo o desenvolvimento sustentável do país.

## White Paper: Eventos Climáticos Extremos

Aprofunda as ações do segmento de distribuição no enfrentamento aos impactos dos eventos climáticos extremos e mostra a importância de investimento em resiliência de redes, prevenção e adaptação para garantir segurança e o retorno no menor tempo.

## Pobreza Energética

O policy paper "Energy Poverty: negative effects of tariff subsidies" analisa a pobreza energética como um desafio complexo no desenvolvimento sustentável e mostra como subsídios inadequados podem ser prejudiciais.

## Conscientização sobre Queimadas

Com foco em mostrar os impactos das queimadas para o meio ambiente e o risco para o fornecimento de energia elétrica, as distribuidoras agiram reduzindo as interrupções causadas por incêndios em 2024 e aumentando a resiliência das redes.

## Universalização do Acesso à Energia Elétrica

As distribuidoras também garantem que a energia chegue a todas as regiões, incluindo áreas remotas e comunidades de baixa renda. Isso é essencial para que todos possam se beneficiar de uma matriz elétrica limpa e sustentável, na lógica de transição justa.

# DPS COMPACT

## a proteção completa para seus equipamentos.

O DPS Compact 15kA e 20kA Classe II é a solução ideal para proteger circuitos de tensão de fase 220 Vca. Garanta a segurança dos seus quadros além dos **equipamentos eletroeletrônicos contra descargas indiretas**. Aposte na máxima eficiência e tranquilidade com o **DPS Compact**, a escolha certa para proteger o que mais importa.



### Vantagens:

Produto *compacto*.

*Compatível com novo padrão* de disjuntores.

Suportabilidade ao *TOV de 336V e 440V*.

*Modo EasyFix* de encaixe ao trilho DIN.

Gabinete em material *não propagante de chamas*.

Sem *polaridade*.



Fale pelo  
WhatsApp



Proteção para  
seus equipamentos





Reportagem

# SEGUINDO TENDÊNCIA GLOBAL, MERCADO AUTOMOTIVO BRASILEIRO AVANÇA NA ELETRIFICAÇÃO DA FROTA

*Por Matheus de Paula*

Crescimento lento da infraestrutura de recarga, alto custo e limitações tecnológicas de armazenamento são principais entraves para desenvolvimento do setor





Os carros elétricos têm ganhado cada vez mais espaço nas ruas, vias e avenidas ao redor do mundo. Antes vistos como uma promessa distante e inapropriada, esse tipo de veículo acelera rumo a um cenário movido pela sustentabilidade. De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA), em 2035, metade dos veículos vendidos do planeta deverão ser elétricos. No Brasil, a revolução também avança: segundo a Associação Brasileira de Veículos Elétricos (ABVE), a meta de vendas de 150 mil passou para 160 mil unidades ao ano, refletindo o entusiasmo do mercado e dos consumidores.

Dados da Secretaria Nacional de Trânsito (Senatran) apontam que o número de veículos elétricos e híbridos aumentou 787,5% no Brasil entre 2019 e 2023. A alta desse período de cinco anos foi de 32.798 para 291.089. A abertura para tecnologias inovadoras, investimentos de montadoras e importadoras, além da ampliação

da infraestrutura de recarga, são iniciativas que favorecem o desenvolvimento do setor.

Um levantamento da Tupi Mobilidade, realizado em agosto de 2024, revelou que o Brasil já conta com 10.622 pontos de recarga públicos e semipúblicos. Destes, 89% são do tipo AC, de carga lenta (9.506), enquanto 11% são DC, de carga rápida (1.109), evidenciando a construção de uma rede de suporte essencial para o crescimento sustentável da eletromobilidade.

Para Ricardo Bastos, presidente da ABVE, o desenvolvimento da eletromobilidade no Brasil e a superação das metas podem ser atribuídos ao perfil do consumidor brasileiro, que sempre está apto a adotar novas tecnologias e inovações.

Bastos destaca que as montadoras associadas à ABVE, assim como importadoras que estão se transformando em fabricantes locais, têm realizado investimentos significativos no país. "A abertura

de novas fábricas, prevista já para o próximo ano, demonstra um apetite crescente dessas empresas. Isso demonstra a força de vendas, amplia a rede de concessionárias e consolida a presença no mercado", observa.

Outro ponto crucial, segundo o presidente, é a evolução contínua da infraestrutura de recarga. "O avanço nessa área têm dado suporte ao crescimento do setor, aumentando a confiança do consumidor e criando condições mais favoráveis para a expansão da eletromobilidade no Brasil", completa.

## DESCARBONIZAÇÃO DO SETOR DE TRANSPORTES

Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), os meios de transportes geram cerca de 20% das emissões globais de GEE. No Brasil, o percentual é similar, de acordo com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) este é um setor quase inteiramente dependente de combustíveis fósseis. A quantidade de emissões mais que dobrou desde a década de 70. E os veículos são responsáveis por cerca de 80% desse aumento.

Para o presidente da ABVE, o Brasil precisa de maiores investimentos no setor e de políticas públicas. "Seria muito bom termos uma política governamental mais forte para a infraestrutura de eletromobilidade. Atualmente, existe o programa Mover, que apoia a produção de veículos e componentes no Brasil, inclusive carregadores, além de iniciativas como a participação do BNDES, que já atua no financiamento de ônibus, caminhões e até veículos de passeio e infraestrutura. Porém, há espaço para avanços", afirma Bastos.

O programa Mover (Mobilidade Verde e Inovação) é uma iniciativa do Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC), voltado para apoiar a descarbonização dos veículos brasileiros, o desenvolvimento tecnológico e a competitividade global. O projeto visa promover a expansão de investimentos em eficiência energética, incluir limites mínimos de reciclagem na fabricação dos veículos e cobrar menos imposto de quem polui menos, criando o IPI Verde.

Além disso, o Mover dispõe de incentivo fiscal para que as empresas invistam em descarbonização e se enquadrem nos requisitos obrigatórios do programa. O incentivo será de R\$3,5 bilhões em 2024, R\$3,8 bilhões em 2025, R\$3,9 bilhões em 2026, R\$4 bilhões em 2027 e R\$4,1 bilhões em 2028, valores que deverão ser convertidos em créditos financeiros. O programa visa alcançar, no final, mais de R\$19 bilhões em créditos concedidos.

## DESAFIOS DA INFRAESTRUTURA

Em 2024, a infraestrutura de recarga para veículos elétricos no Brasil registrou um crescimento expressivo de 179%, conforme

levantamento da ABVE. Apesar desse avanço, o presidente da associação, Ricardo Bastos, destaca a necessidade urgente de expandir a rede de carregadores rápidos.

"Esses equipamentos são caros e demandam uma infraestrutura robusta. Não basta termos poucos carregadores em um ponto; quando o usuário enfrenta filas, encontra equipamentos ocupados ou fora de operação, isso cria uma percepção negativa que desestimula a adesão aos veículos elétricos", explica Bastos.

O presidente enfatiza que o Brasil precisa avançar na implantação de instalações maiores e mais eficientes. "Precisamos de locais com 10, 20, até 100 carregadores funcionando plenamente. Isso exige investimentos significativos e uma política pública alinhada com o fornecimento de energia. Acredito que o governo já está sensível a essa questão, e espero que, no curto ou médio prazo, possamos ver uma estratégia mais estruturada para expandir a infraestrutura de recarga no país", conclui.

Com mestrado em Energia para Sustentabilidade, o engenheiro eletricista Jônatas Augusto Manzolli considera essencial a adoção de soluções inteligentes para lidar com a demanda de carregadores para carros elétricos. "Vamos ter que melhorar e deixar a nossa rede elétrica mais robusta, mas, ao mesmo tempo, precisamos de técnicas inteligentes para coordenar esse carregamento. Isso envolve otimização, IoT e conexão em tempo real com operadores remotos para monitorar as condições das frotas", afirma.

Com dimensões continentais, Marcelo Palla, Head de Recharge da GWM Brasil, acredita que a infraestrutura brasileira de recarga automotiva ainda precisa de um tempo de maturidade tecnológica e de mercado. "O Brasil avançou significativamente nos últimos dois anos, em termos de infraestrutura de recarga, impulsionado pela chegada de novas empresas do setor automotivo e pela expansão de companhias no ramo de mobilidade elétrica. Esse movimento tem acelerado o desenvolvimento de pontos de recarga, mas, de forma realista, ainda levará alguns anos para que o país alcance níveis de infraestrutura comparáveis aos de outros países da Europa e Estados Unidos. A expectativa é que o ritmo de expansão continue crescendo, embora o alcance em grande escala dependa de investimentos contínuos e da evolução do mercado de veículos elétricos no país".

## DESAFIOS REGIONAIS

Outro desafio brasileiro é a universalização deste tipo de infraestrutura em regiões como o Norte e Nordeste. "Hoje, um terço de todo o licenciamento de veículos eletrificados, ou seja, híbridos e elétricos, está centralizado em São Paulo. Quando falamos do Nordeste ou do Norte, além das dificuldades técnicas, temos a questão da viabilidade econômica, explica Marcia Loureiro, diretora conselheira da ABVE.

# TRANSFORMADORES A SECO ITAIPU

SEGURANÇA E ALTA TECNOLOGIA.



Transformadores a Seco encapsulados em Epóxi, nas potências de **75 a 5000kVA**.

Classes de tensão: 13,8, 24,2 e 36,2kV, do IP-00 ao IP-54.

Com alta capacidade de produção de Transformadores a Seco, a Itaipu Transformadores é referência nacional no segmento há quase 50 anos.



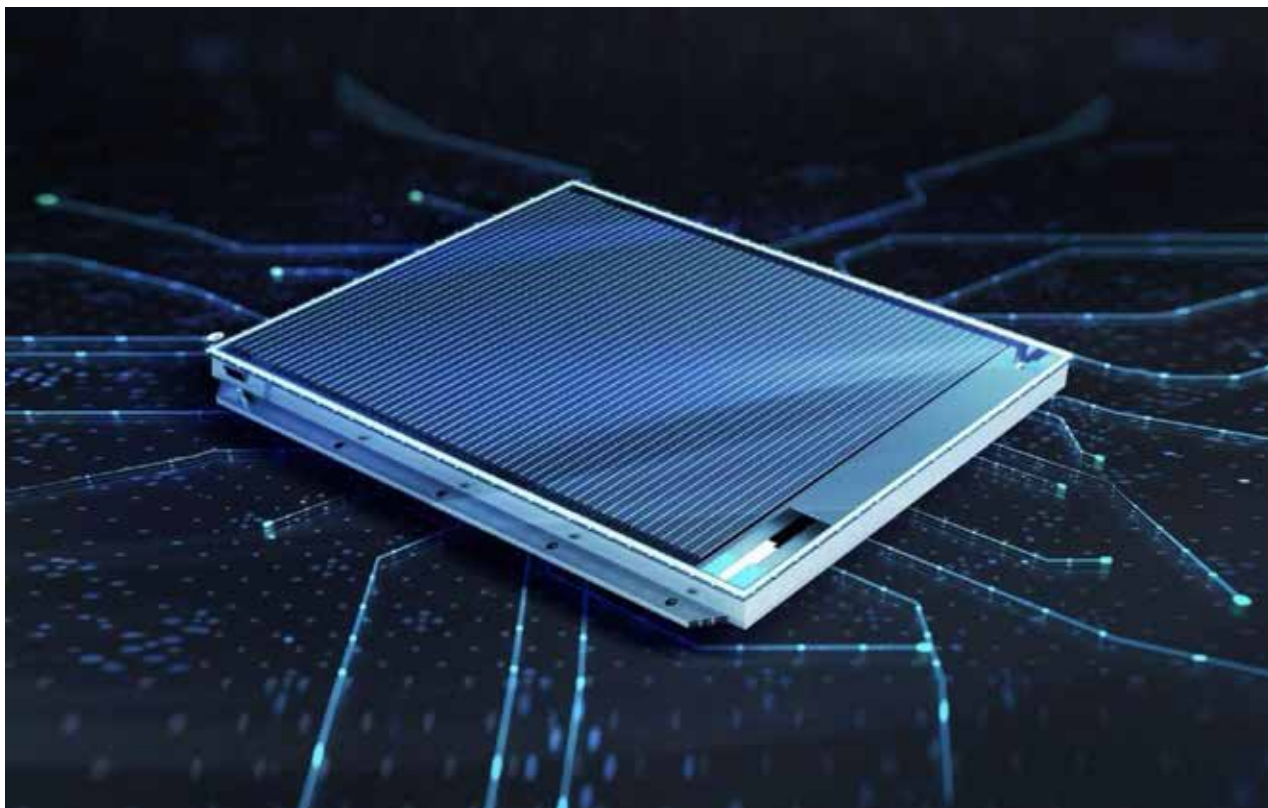
ENTRE EM CONTATO E SOLICITE UM ORÇAMENTO  
+55 16 3263 9400



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







**Segundo a BYD, a montadora já evitou a emissão de 68,1 milhões de toneladas de carbono, o equivalente ao carbono absorvido por 32 milhões de hectares de floresta**

Nessas regiões, segundo a gestora, o desafio é ainda maior, uma vez que o investimento em infraestrutura de recarga envolve tanto o custo do equipamento quanto dos serviços, que já são valores significativos. “O tempo de retorno depende diretamente da taxa de utilização. Em São Paulo, com 10 a 20 recargas diárias, o investimento se paga rápido. Já em estados do Nordeste, onde a demanda pode ser de uma ou duas recargas por dia, o payback (retorno financeiro) pode chegar a 7, 10 ou até 12 anos. Isso gera incertezas e dificulta investimentos em regiões com menor número de veículos eletrificados”, avalia.

#### **CUSTO DO ARMAZENAMENTO**

Para além da infraestrutura de carregamento, um dos maiores desafios para a indústria de carros elétricos mundiais é o alto custo e a eficiência das baterias empregadas nesses veículos. De acordo com o Escritório de Tecnologias Veiculares do Departamento de Energia (DOE), o custo médio de uma bateria de íons de lítio para veículos elétricos leves caiu 90% entre 2008 e 2023, quando se usa dólares constantes de 2023 para refletir o poder de compra (ajuste pela inflação).

Em 2023, o custo estimado de um quilowatt-hora (kWh) de

capacidade utilizável da bateria é de aproximadamente US\$139, enquanto que, em 2008, esse valor era de US\$ 1.415/kWh. Essas estimativas baseiam-se em uma escala de produção de pelo menos 100.000 baterias por ano, destacando o impacto da produção em larga escala na redução de custos.

Esse movimento de queda nos preços deve continuar. Segundo um levantamento do Goldman Sachs, o preço médio global de um pacote de baterias deve cair ainda mais, alcançando US\$ 82 por kWh até 2026, reforçando a tendência de maior acessibilidade e viabilidade econômica dos veículos elétricos.

Liderando o mercado brasileiro de veículos elétricos, a BYD, atenta às recentes demandas tecnológicas do mercado de baterias, desenvolveu a Blade, uma bateria que promete oferecer mais eficiência para o motorista. Segundo o Gerente de Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) da BYD Brasil, Rodrigo Garcia, graças ao desenvolvimento desse modelo de bateria, “foi possível proporcionar o carregamento mais rápido dos carros (carga de 30% a 80% em apenas 30 minutos) e ter veículos com mais autonomia e potência”.

Após o primeiro ciclo de uso em veículos, a Blade pode ser reutilizada em aplicações estacionárias, como o armazenamento de energia para gerações sustentáveis intermitentes e até mesmo em infraestrutura de recarga. A vida útil da bateria é estimada em pelo



menos 30 anos, e, ao final desse período, pode ser reciclada.

Além disso, a BYD, em parceria com a Tupinambá Energia, desenvolveu o aplicativo BYD Recharge, que conecta os motoristas a mais de 600 pontos de recarga em todo Brasil. A montadora também firmou um acordo com a Raízen Power para instalar 30 hubs de recarga elétrica da rede Shell Recharge em oito capitais brasileiras. Esses hubs serão abastecidos com energia 100% limpa e renovável. “A parceria com a Raízen não apenas oferece soluções de recarga eficientes, mas também promove o crescimento do mercado de veículos elétricos, fortalecendo a confiança dos consumidores em tecnologias verdes”, destaca Garcia.

## ELETRIFICAÇÃO NA SCANIA

Seguindo a tendência global de eletrificação da frota, em outubro deste ano, a Scania apresentou ao mercado brasileiro seu primeiro caminhão 100% elétrico, o 30G. O modelo, importado da Suécia, possui autonomia de até 250 km com uma única carga, motor com potência de 310 cv e torque de 1.150 Nm, e promete carregamento rápido de 50 minutos.

As baterias do 30G são do tipo lítio-níquel-manganês-cobalto (NMC), tecnologia que oferece maior densidade energética, resultando em menor peso para o veículo para transporte de carga. Neste modelo, as baterias serão modulares, o que facilita a distribuição de carga pelo caminhão. De acordo com a montadora, os custos de manutenção do motor são semelhantes aos de combustão interna.

Marcelo Gallão, Diretor de Desenvolvimento de Negócios da Scania Operações Comerciais Brasil, destaca que o 30G é ideal para transportes entre centros de distribuição e grandes centros urbanos com raios de até 300 km. “Além de zero emissões, a redução de ruídos permite que esse caminhão seja usado para entrada em

idades em períodos noturnos sem incômodos à população. O 30G é uma excelente opção para operações hub to hub, atendendo tanto demandas urbanas quanto de distribuição dentro das cidades”, acrescenta.

De acordo com a presidente e CEO da Scania Operações Comerciais Brasil, Simone Montagna, o lançamento do novo veículo reforça o compromisso da empresa com a sustentabilidade e a transição energética. “Estamos seguindo mais um passo do nosso compromisso de liderar a transição para um sistema de transporte mais sustentável. O transportador brasileiro terá em suas mãos o mais amplo portfólio sustentável do mercado”, completa.

## CAMINHO SEM VOLTA

Para o doutor em engenharia elétrica e especialista em energia e meio ambiente, Danilo de Souza, a eletrificação da frota de veículos brasileiros é uma realidade que se mostra cada vez mais viável, dentre outras razões, pela matriz energética altamente renovável. “Um carro elétrico no Brasil é cinco vezes menos poluente do que na Europa, considerando o mesmo modelo de carro, porque, ao abastecer um carro elétrico com energia gerada a partir da nossa matriz energética, que é predominantemente composta por fontes renováveis como hidrelétricas, eólicas e solares, o impacto ambiental é muito menor. Já na Europa, o mix energético ainda conta com uma participação significativa de gás natural e, em alguns países, como a Polônia, de carvão”, afirma o especialista.

De acordo com os dados do Ministério de Minas e Energia (MME), o Brasil alcançou 93,1% da geração de energia elétrica proveniente de fontes renováveis em 2023. As Hidrelétricas, fotovoltaicas e eólicas contribuíram para que a matriz elétrica do país continue entre as mais limpas do mundo. A geração totalizou 70.206 megawatts médios (MwM).

---

# O ADENSAMENTO DA CADEIA PRODUTIVA DO SETOR NUCLEAR PODE GERAR MAIS EMPREGOS E RENDA PARA OS BRASILEIROS

---

*Por Raul Lycurgo Leite é advogado, procurador federal e Presidente da Eletronuclear.*





Começo este artigo com uma citação de Alexander Graham Bell, o inventor do telefone: “Quando uma porta se fecha, outra se abre. Mas muitas vezes nós ficamos olhando tanto tempo, tristes, para a porta fechada que nem notamos que se abriu outra pra nós”.

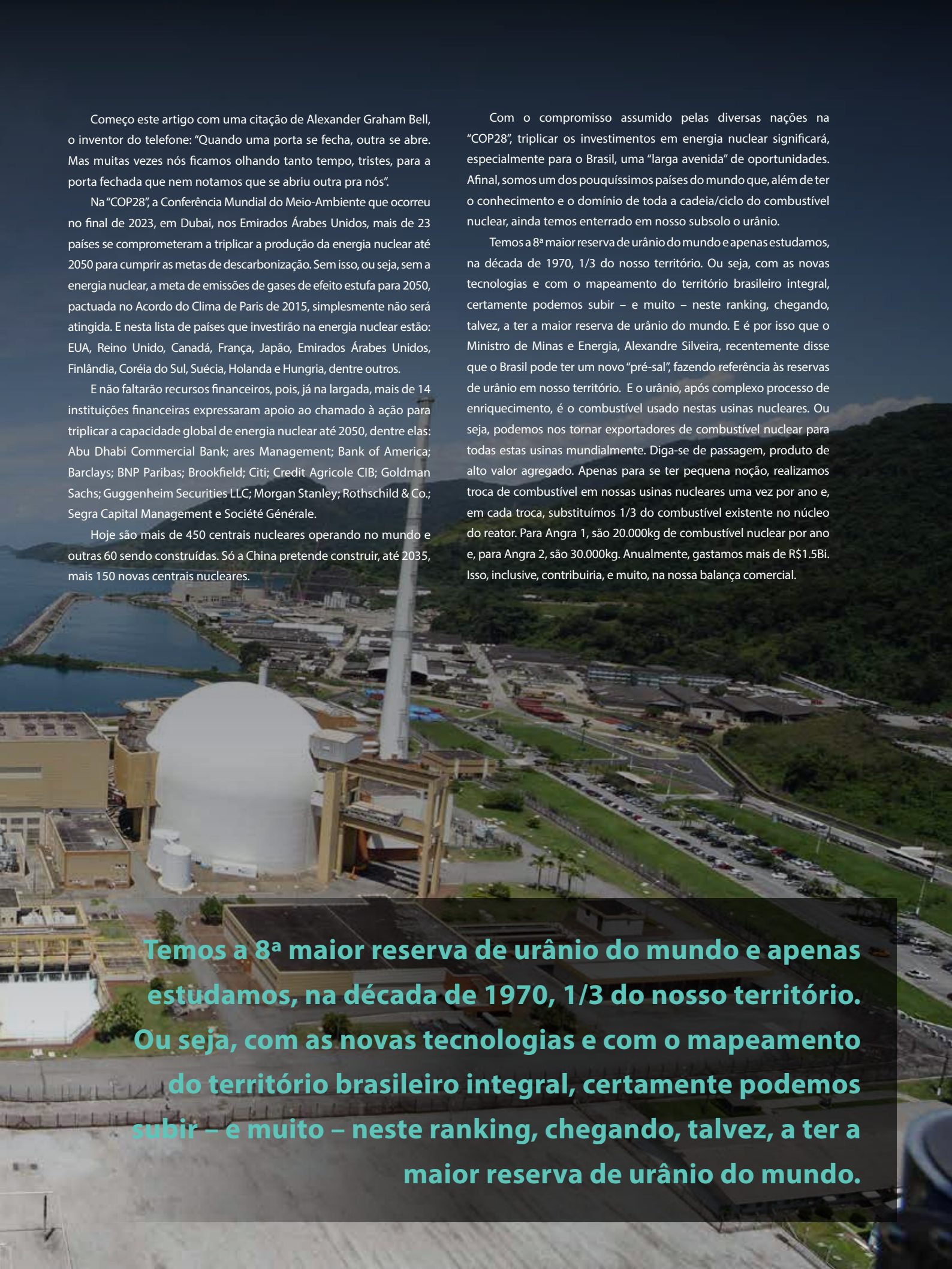
Na “COP28”, a Conferência Mundial do Meio-Ambiente que ocorreu no final de 2023, em Dubai, nos Emirados Árabes Unidos, mais de 23 países se comprometeram a triplicar a produção da energia nuclear até 2050 para cumprir as metas de descarbonização. Sem isso, ou seja, sem a energia nuclear, a meta de emissões de gases de efeito estufa para 2050, pactuada no Acordo do Clima de Paris de 2015, simplesmente não será atingida. E nesta lista de países que investirão na energia nuclear estão: EUA, Reino Unido, Canadá, França, Japão, Emirados Árabes Unidos, Finlândia, Coreia do Sul, Suécia, Holanda e Hungria, dentre outros.

E não faltarão recursos financeiros, pois, já na largada, mais de 14 instituições financeiras expressaram apoio ao chamado à ação para triplicar a capacidade global de energia nuclear até 2050, dentre elas: Abu Dhabi Commercial Bank; ares Management; Bank of America; Barclays; BNP Paribas; Brookfield; Citi; Credit Agricole CIB; Goldman Sachs; Guggenheim Securities LLC; Morgan Stanley; Rothschild & Co.; Segra Capital Management e Société Générale.

Hoje são mais de 450 centrais nucleares operando no mundo e outras 60 sendo construídas. Só a China pretende construir, até 2035, mais 150 novas centrais nucleares.

Com o compromisso assumido pelas diversas nações na “COP28”, triplicar os investimentos em energia nuclear significará, especialmente para o Brasil, uma “larga avenida” de oportunidades. Afinal, somos um dos pouquíssimos países do mundo que, além de ter o conhecimento e o domínio de toda a cadeia/ciclo do combustível nuclear, ainda temos enterrado em nosso subsolo o urânio.

Temos a 8ª maior reserva de urânio do mundo e apenas estudamos, na década de 1970, 1/3 do nosso território. Ou seja, com as novas tecnologias e com o mapeamento do território brasileiro integral, certamente podemos subir – e muito – neste ranking, chegando, talvez, a ter a maior reserva de urânio do mundo. E é por isso que o Ministro de Minas e Energia, Alexandre Silveira, recentemente disse que o Brasil pode ter um novo “pré-sal”, fazendo referência às reservas de urânio em nosso território. E o urânio, após complexo processo de enriquecimento, é o combustível usado nestas usinas nucleares. Ou seja, podemos nos tornar exportadores de combustível nuclear para todas estas usinas mundialmente. Diga-se de passagem, produto de alto valor agregado. Apenas para se ter pequena noção, realizamos troca de combustível em nossas usinas nucleares uma vez por ano e, em cada troca, substituímos 1/3 do combustível existente no núcleo do reator. Para Angra 1, são 20.000kg de combustível nuclear por ano e, para Angra 2, são 30.000kg. Anualmente, gastamos mais de R\$1.5Bi. Isso, inclusive, contribuiria, e muito, na nossa balança comercial.



**Temos a 8ª maior reserva de urânio do mundo e apenas estudamos, na década de 1970, 1/3 do nosso território. Ou seja, com as novas tecnologias e com o mapeamento do território brasileiro integral, certamente podemos subir – e muito – neste ranking, chegando, talvez, a ter a maior reserva de urânio do mundo.**

## É importante mencionar ainda que, para cada R\$1 bilhão de investimentos na geração de energia nuclear, o impacto disso no PIB é de R\$2 bilhões, sendo 80% desse impacto no estado do Rio de Janeiro, gerando mais de 22 mil empregos no Brasil e, ainda, um aumento de R\$3,1 bilhões na cadeia produtiva brasileira.

É importante mencionar ainda que, para cada R\$1 bilhão de investimentos na geração de energia nuclear, o impacto disso no PIB é de R\$2 bilhões, sendo 80% desse impacto no estado do Rio de Janeiro, gerando mais de 22 mil empregos no Brasil e, ainda, um aumento de R\$3,1 bilhões na cadeia produtiva brasileira. Esses e outros dados são resultado de estudo realizado pela Fundação Getúlio Vargas (FGV).

Não bastasse tudo isso, o mundo está focado no aumento expressivo da energia nuclear, não apenas para garantir as metas de emissão dos gases de efeito estufa em 2050, mas também para fazer frente à necessidade de muita energia limpa, firme e de base que será necessária para suportar a revolução tecnológica, já em

andamento com a inteligência artificial, seus data centers e a massiva necessidade de energia que eles demandam.

O Departamento de Energia dos EUA, em junho de 2024, disse que os EUA precisarão de 900GW de energia firme, de base e limpa para conseguir atingir a meta de “net-zero emissions” até 2050. O desafio é gigantesco! O Brasil possui 200GW de potência instalada centralizada. Ou seja, somando todas as fontes de geração de energia elétrica no Brasil, temos 200GW. Assim, o desafio norte americano é construir, até 2050, um parque adicional de geração de energia elétrica firme, de base e limpa, de 4,5x o que existe no Brasil hoje.

A Agência Internacional de Energia, em seu Relatório 2024 – Analysis and Forecast to 2026 – informa que, no mundo, os data centers consumiram, em 2022, 460 TWh de energia e que, estima-se que, em 2026, com o avanço da inteligência artificial, os data centers consumirão mais de 1.000 TWh.

Diversas empresas privadas, dentre elas, Microsoft, Google, Amazon, Oracle, Nvidia começam a explorar o setor da energia nuclear como forma de prover seus data centers com energia limpa, firme e confiável.

Diversos países já anunciaram a retomada da energia nuclear não apenas como forma de garantir energia limpa e firme, mas também para garantir o desenvolvimento e a geração de empregos altamente especializados.

O parlamento da Suécia deu sinal verde para avançar com os planos de construir novas usinas nucleares. A Ministra das Finanças da Suécia, Elisabeth Svantesson, disse: “Isso cria as condições para a energia nuclear (...) Precisamos de mais produção de eletricidade, precisamos de eletricidade limpa e precisamos de um sistema energético estável.” Já a Ministra do Clima da Suécia, Romina Pourmokhtari, fala em construir 10 grandes centrais nucleares nos próximos 20 anos.

O Reino Unido pretende aumentar a geração nuclear em 4 vezes até 2050. O Primeiro-Ministro do Reino Unido, Rishi Sunak, disse recentemente: “o nuclear é o antídoto perfeito para os desafios energéticos que a Grã-Bretanha enfrenta – é verde, mais barato a longo prazo e garantirá a segurança energética do Reino Unido a longo prazo” e que, até 2030, o setor nuclear britânico precisará de mais de 123.000 novos trabalhadores.

Na Índia, a Ministra das Finanças, Nirmala Sitharaman, disse que a energia nuclear deverá formar uma parte “muito significativa” da matriz energética para transformar a Índia em uma nação completamente desenvolvida até 2047, sendo que, por lá, já são 23 centrais nucleares em funcionamento e mais 7 em construção. E, para atingir seu objetivo, a Índia planeja convidar empresas privadas para investir cerca de US\$ 26 bilhões em seu setor de energia nuclear.



# Chegou o NOVO GLV de Instalação Rápida Incesa.



O Grampo de Linha viva mais fácil de instalar do mercado.

- Instalação com **1/4 de volta**
- **Reduz em até 50%** o tempo de instalação
- Pode ser **instalado do Solo**
- Sistema de **compressão por Mola**  
impede o relaxamento da conexão



Deixe suas conexões mais  
**FÁCEIS, DURÁVEIS E SEGURAS**



**1/4**  
DE VOLTA

Exclusiva Conexão

**Efeito Mola**



Baixe nosso catálogo e solicite  
uma demonstração técnica.

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

0800 770 3228

**Incesa**  
COMPONENTES ELÉTRICOS

**60**  
ANOS



**Isso tudo significa que as nossas oportunidades são gigantescas e em um setor extremamente tecnológico e de alto valor agregado cujo minério – urânio – está enterrado em nosso território, mas é preciso agir e agir rápido para não ficarmos para trás nesta corrida pela energia limpa, firme e confiável e para aproveitarmos as oportunidades no momento certo.**

Na mesma direção está a Itália. O Ministro do Meio Ambiente e Segurança Energética italiano, Gilberto Pichetto Fratin, disse: “Para termos garantia de continuidade na energia limpa, precisamos inserir uma cota de energia nuclear. Tecnologias renováveis como a energia solar e eólica não podem fornecer a segurança de que precisamos”. Mas a ITÁLIA não pretende que investimentos públicos sejam a mola propulsora desta mudança. O próprio Ministro Gilberto Pichetto, em uma entrevista ao jornal La Repubblica, disse que “Possivelmente serão os distritos industriais ou empresas individuais de energia que se equiparão com reatores de quarta geração menores. O Estado será apenas um regulador”.

O Departamento de Energia dos EUA, em comunicado de 08/10/2024, afirma que os EUA já estão investindo no adensamento da cadeia produtiva do combustível nuclear das atuais e futuras usinas nucleares deles.

“Construir uma cadeia de fornecimento de combustível nuclear nacional forte e confiável ajudará nossa nação a atingir as ambiciosas metas ao mesmo tempo em que protegerá o meio ambiente e criará empregos bem remunerados e de alta qualidade”, disse o vice-secretário de Energia dos EUA, David M. Turk.

“O governo federal sabe que a energia nuclear é essencial para acelerar o futuro da energia limpa dos Estados Unidos”, disse o assistente do Presidente BIDEN e conselheiro nacional do clima Ali Zaidi. “Aumentar nosso fornecimento doméstico de urânio não apenas promoverá a agenda climática histórica do presidente Biden, mas também aumentará a segurança energética dos Estados Unidos, criará empregos bem remunerados e fortalecerá nossa competitividade econômica. O caminho para maior segurança energética e mais soluções climáticas passa por investimentos como esses, feitos em escala histórica pelo presidente Biden. É uma boa notícia para nossa economia, para a força de trabalho sindical dos Estados Unidos e para nosso planeta.”

Será que só nos EUA, Suécia, Reino Unido, Índia, Itália etc que o adensamento da cadeia produtiva da energia nuclear “criará empregos bem remunerados e fortalecerá a cadeia produtiva e a competitividade econômica”?

Isso tudo significa que as nossas oportunidades são gigantescas e em um setor extremamente tecnológico e de alto valor agregado cujo minério – urânio – está enterrado em nosso território, mas é preciso agir e agir rápido para não ficarmos para trás nesta corrida pela energia limpa, firme e confiável e para aproveitarmos as oportunidades no momento certo.

Como diria o escritor William Arthur Ward: “as oportunidades são como o nascer do sol; se você esperar demais, vai perdê-las”.

# APS SERVICE

## MANUTENÇÃO PREVENTIVA



PARA ATENDIMENTOS EMERGENCIAIS - FALE COM A APS!

### SERVIÇOS

PARCERIA PARA A  
SUA MANUTENÇÃO

- Manutenção Corretiva
- Manutenção Preventiva
- Manutenção Preditiva
- Retrofit
- Comissionamento
- Parametrização

### MANUTENÇÃO ESPECIALIZADA DE:

- Disjuntores BT e MT
- Contatores BT e MT
- Inversores de Frequência
- Softstarters



ATENDIMENTO  
24 HORAS



7 DIAS POR  
SEMANA



AMPLO  
ESTOQUE DE  
PEÇAS  
PARA RÁPIDA  
SOLUÇÃO



COBERTURA  
NACIONAL

Plantão 24 Horas  
+55 11 99736-5798

---

# Para que serve a regulação?

## Considerações sobre as origens e funções da regulação setorial

---



*Frederico Carbonera Boschin é Diretor Executivo da Noale Energia e Sócio da Ferrari Boschini Advogados. Conselheiro da ABGD; Conselheiro Fiscal do Sindienergia RS e Professor do Curso de MBA da PUC/RS, UCS/RS e PUC/MG.*

**A** regulação econômica tem suas origens em um contexto histórico e teórico que se desenvolve com diferentes influências de correntes econômicas e mudanças sociais e políticas.

Se considerarmos que a regulação é um conjunto de regras, normas e leis estabelecidas por órgãos governamentais ou entidades reguladoras, com o objetivo de controlar e orientar determinadas atividades, ela é fundamental em diversas áreas, como economia, direito, política e saúde, e visa, fundamentalmente, garantir a segurança, eficiência e transparência nas relações entre empresas, consumidores e a sociedade como um todo.

Neste sentido, existem diferentes tipos de regulação, e, no caso dos mercados de energia, as dimensões de regulação são bastante diversas e amplas, como por exemplo: (I) econômica, que busca garantir a concorrência justa e a eficiência nos mercados; (II) tarifária, que visa essencialmente desenhar e proporcionar uma tarifa com características de modicidade; (III) técnica, que estabelece, essencialmente, a padronização e a organização de normas técnicas e garante o livre acesso aos sistemas de distribuição e transmissão; e (IV) operacional, que persegue a garantia do suprimento e qualidade da energia fornecida.

As origens da regulação, ou seja, do exercício pelo estado de controle nas atividades econômicas, remonta ao período da revolução industrial (Inglaterra, final do século XVIII) como um dos primeiros momentos em que a necessidade de regulação econômica se tornou evidente. Durante esse período, a industrialização levou a mudanças radicais nas condições de trabalho, nas relações de produção e no mercado. As novas tecnologias e a concentração de poder nas mãos de grandes empresas geraram preocupações sobre monopólios, abusos no trabalho e desigualdades sociais.

Surgiu, portanto, a necessidade de combater condutas monopolistas e a formação de oligopólios, onde o aumento do poder das grandes corporações deu origem a práticas empresariais anticompetitivas, como a fixação de preços ou o controle exclusivo sobre mercados, que ameaçavam o bem-estar dos consumidores e a competitividade do mercado.

Da mesma maneira que se regulava economicamente o mercado, surgiu também a necessidade de se definir padrões de segurança do trabalho e de relações trabalhistas. As condições de trabalho nas fábricas eram precárias, com jornadas longas, baixos salários e pouca ou nenhuma

proteção social. Isso levou à demanda por leis de proteção ao trabalhador, que começaram a ser implementadas a partir do final do século XIX.

A evolução das ideias econômicas também influenciou a regulação econômica, neste caso, o liberalismo econômico advogou pela mínima intervenção do Estado na economia, com base na ideia de que o mercado seria capaz de se autorregular através da “mão invisível”. No entanto, com a Grande Depressão (anos 1930), a teoria keynesiana, que defendia a intervenção ativa do Estado na economia para corrigir falhas de mercado, ganhou força.

Isso porque a regulação econômica passou a ser vista como uma ferramenta necessária para equilibrar os mercados e garantir a justiça social e, especialmente após a Segunda Guerra Mundial, e, na forma de um movimento pendular, houve novamente um aumento significativo na regulação econômica em muitas economias ocidentais. Os governos iniciam, portanto, a intervenção em setores-chave da economia para promover o crescimento e a estabilidade.

Porém, apesar das idas e vindas nesse movimento de regulação/desregulação, crises financeiras em série e serviços públicos insuficientes, demonstraram as falhas pontuais do mercado e aumentaram o debate sobre a necessidade de uma regulação setorial mais forte e presente para evitar abusos financeiros e proteger os consumidores.

No caso brasileiro, e, em específico da energia elétrica, a regulação no Brasil enfrenta diversos desafios que impactam a eficácia e a eficiência da agência reguladora (ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica), dentre os quais: Recursos Limitados: escassez de recursos financeiros e humanos, o que dificulta a implementação e fiscalização das normas. Capacitação e Treinamento: A falta de treinamento adequado e contínuo para os funcionários da agência pode comprometer a qualidade da regulação. Tecnologia da Informação: Deficiências em tecnologias de informação e comunicação limitam a capacidade da agência de monitorar e fiscalizar de forma eficaz concessionárias e os diversos escopos de regulação necessários. Independência Institucional: A influência política recente tem afetado a autonomia da agência, comprometendo a imparcialidade e a eficácia das suas ações. Transparência e Prestação de Contas: Garantir a transparência na agenda regulatória, com a correta e adequada análise de impacto regulatório e tomadas de subsídios, bem como da prestação de contas à sociedade é um desafio constante.





Conheça nossa  
linha de  
Baixa Tensão

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

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.

Conheça a Mitsubishi Electric nos seguintes canais:



# Supraharmônicas



Cláudio Mardegan é CEO da EngePower Engenharia, Membro Sênior do IEEE, Membro do Cigrè | claudio.mardegan@engepower.com

O tema supraharmônicas é muito pouco conhecido pelos engenheiros eletricitas e está mudando significativamente o ambiente de qualidade de energia, pois estão se tornando a próxima grande preocupação com a qualidade de energia.

Por que têm ocorrido os aumentos dos problemas de supraharmônicas? O motivo se deve ao fato da integração da geração distribuída e cargas com elevada frequência de chaveamento na faixa de 2 a 150 kHz.

## O QUE SÃO AS SUPRAHARMÔNICAS?

O termo supraharmônico foi introduzido pela primeira vez na Reunião Geral do IEEE PES de 2013. Em resumo são harmônicas de tensão e corrente de elevada frequência na faixa de 2 kHz a 150 kHz.

Os principais equipamentos geradores das supraharmônicas são apresentados a seguir:

- Cargas retificadoras ativas e fontes chaveadas
  - Inversores Active Front End (AFE)
  - Estações de Carregamento de Veículos Elétricos (EV) e outros carregadores de bateria
  - PCs, LED e outras iluminações, eletrônicos de consumo e outros equipamentos domésticos, especialmente de fator de potência corrigido (PFC)
- Inversores usados em Sistemas de Energia Alternativos:
  - Sistemas Solares Fotovoltaicos (PV)
  - Turbinas Eólicas
  - Sistema de Armazenamento de Energia a Bateria (BESS - Battery Energy Storage Systems)
  - UPS - Uninterruptible Power Supplies)
- Filtros Harmônicos Ativos (AHF – Active Harmonic Filters or APF – Active Power Filters)

## NÍVEIS DE COMPATIBILIDADE EM FUNÇÃO DA FAIXA DE FREQUÊNCIA

Esses níveis de compatibilidade eletromagnéticas referem-se

a sinais de tensão medidos de modo comum, entre fase e terra (modo diferencial). A Tabela 1 mostra esses limites de acordo com a frequência supraharmônica. :

Faixa da Frequência	Nível de Compatibilidade
kHz	db(μV)
3 a 9	140
9 a 30	129 122
30 a 50	122 a 119
50 a 150	113 a 89

Figura 1 - Níveis de compatibilidade conforme IEC 61000-2-2 2018

Os analisadores de qualidade de energia possuem softwares que mostram esses limites e também, as amostras coletadas. A Figura 2 mostra o software WinPQ da a-eberle alemã.

Analisadores de qualidade de energia normalmente medem ordens harmônicas até a 50ª ordem. Isso equivale a 3 kHz em 60 Hz (2500 Hz em 50 Hz).

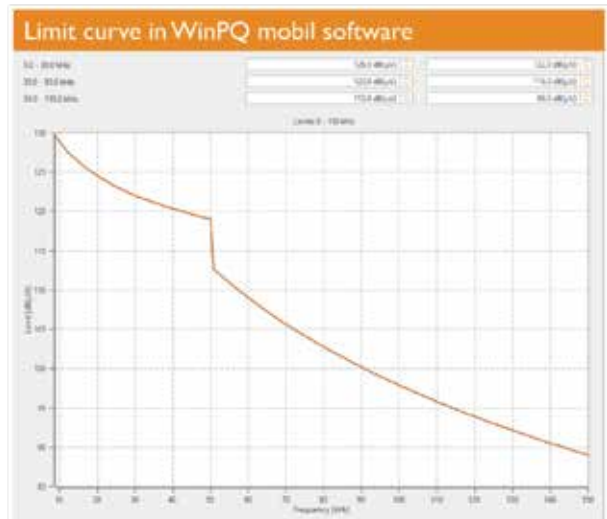


Figura 2 – Limites de Supra-Harmônicas

Para conseguir fazer essas medições são necessários medidores com elevadíssima taxa de amostragem, como o equipamento PQ-Box 300 da a-eberle.

### EFEITO DAS SUPRA-HARMÔNICAS NOS EQUIPAMENTOS

Tabela 2 - Efeito das Supra-harmônicas em Equipamentos	
Equipamento	Efeito
Iluminação Pública e Lâmpadas com Dimmer (TDL - Touch Dimmer Lamps)	Ligamento/Desligamento intencional
Semáforos e Controles	Mau funcionamento
Medidores de Estado Sólido	Apresentam resultados registrados errados
Sistemas de Rádio para Controle de Ferrovias	Mau funcionamento
Telefone residencial	Malfuncionamento do toque
Sistemas de Aquecimento	Alarmes incorretos devidos a falhas do sensor
Máquinas de lavar	Auto-reinicialização
Reatores Eletrônicos para Iluminação	Ruídos Audíveis
PCs e lâmpadas	Ruídos Audíveis
TVs e Receptores de Rádio	Ruídos Audíveis
Sistemas de Entrada sem Chaves	Mau funcionamento
Capacitores do link DC de circuitos retificadores	Stress térmico, envelhecimento, redução de vida útil
Sistemas de sinal de tempo padrão para Broadcast	Ganho de tempo de clock, mau funcionamento
Rádio Amador	Recepção com ruído

Figura 3 - Efeito da supra-harmônicas em equipamentos

### SOLUÇÕES PARA MITIGAR AS SUPRA-HARMÔNICAS

A Figura 4, retirada da monografia de mestrado de Teemu Närhi da Lappeenranta-Lahti University of Technology LUT – 2023, mostra

um diagrama de blocos indicando soluções de curto prazo e de longo prazo.

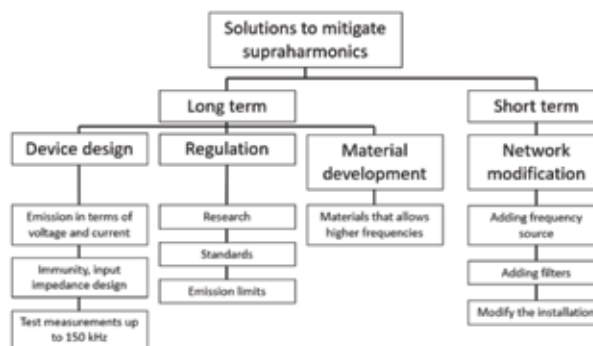


Figura 4 – Diagrama de Blocos orientativos para mitigação das supra-harmônicas

No treinamento de harmônicos e qualidade de energia, são estudadas as supra-harmônicas com mais detalhes. Para evoluir neste tema, entre em contato através do e-mail treinamentos@engpower.com e você receberá as informações mais detalhadas sobre este treinamento. Adicionalmente, a EngePower é representante exclusiva de medidores de qualidade de energia a-eberle.

LANÇAMENTO

# ZYGGOT THM + ARC

Sistema Online + Sistema de Proteção Contra Arco Elétrico Ultra Seletivo



Integrando dois sistemas de proteção e medição, Zyggot Temperatura e Zyggot Arco, juntamente com seus sensores, o novo Zyggot THM + ARC combina Termografia Online e Proteção Ultra-Seletiva Contra Arco Elétrico em um único relé.

Com sua tecnologia inovadora, realiza o monitoramento integrado de temperatura e detecção de arco, garantindo proteção para sistemas de baixa e média tensão, reduzindo a energia incidente em até 150 vezes, graças à atuação ultrarrápida de menos de 0,3 milissegundos.

O sistema também se destaca pela seletividade inteligente, permitindo atuações por zonas para o desarme independente de disjuntores, além de oferecer integração eficiente com sistemas DCS.

### Características

- Leitura de Tensão e Capacidade de até 200 sensores
- Interface avançada com mais de 200 telas
- Múltiplos gateways permite a seletividade de arco
- Monitoramento contínuo termográfico e detecção de arco elétrico integrados
- Facilidade de conexão (SDCC)
- Equipado com interfaces Modbus RTU e Ethernet
- Ação ultrarrápida em menos de 0.3 ms
- Design compacto pensado para ocupar menos espaço



Visite nosso site para saber mais

**varixx**



# O controle da luz em pauta



*Luciano Rosito é engenheiro eletricista, especialista em iluminação e iluminação pública. Professor de cursos de iluminação pública no Brasil e exterior.*

Já passou o tempo em que trocar uma lâmpada era solução para melhorar a eficiência energética de uma instalação. Em um passado não distante, o objetivo era substituir as fontes de luz convencionais por LED. E agora, com os leds instalados, com a tecnologia ainda evoluindo, o que podemos fazer para melhorar a eficiência energética e reduzir o consumo de energia elétrica?

É neste ponto que entram os sistemas de controle de iluminação que envolvem, além de sensores de presença e luminosidade, a possibilidade de controlar outros equipamentos que consomem energia elétrica nos ambientes internos, como os equipamentos de ar-condicionado e outros utensílios

domésticos. Evitar o consumo de energia pelo ar-condicionado e iluminação ligados sem necessidade é um objetivo que pode ser obtido com a implantação de controles.

Sensores, de dois ou mais canais, são uma forma simples, mas robusta e bastante confiável de controlar o tempo e a ocupação, para que não haja desperdício de energia. Eles aumentam a segurança, evitando que o aparelho de ar-condicionado fique ligado sem a presença de pessoas ou por longos períodos, que pode, por exemplo, resultar até mesmo em incêndios. Sensores de dois ou mais canais, podem ter esta função e atuarem em cada ambiente, gerando um benefício que vai além do ligar e desligar luzes.

A programação dos sistemas também de forma remota pode ser feita de modo a garantir a melhor experiência para o usuário que ocupa aquele espaço. Proporcionando, não somente economia, mas também conforto e bem-estar de quem utiliza os ambientes. As mais modernas tecnologias de controle do espectro da luz também estão disponíveis, e cada vez mais acessíveis. Controlar durante o dia a tonalidade da luz, mudando a temperatura de cor e o espectro, significa respeitar o ciclo biológico das pessoas e gerar maior bem-estar.

Para escritórios, uma das grandes vantagens de sistemas de controle de iluminação é a utilização de protocolos de comunicação abertos, onde os equipamentos possam ser endereçados e controlados, de forma que em uma mudança de layout do ambiente, não seja necessária nenhuma intervenção física, somente uma reprogramação. Isso reduz custos, aumenta a eficiência e facilita o trabalho dos usuários.

Usando a tecnologia de maneira efetiva, conseguimos combinar eficiência energética, conforto e bem-estar. Isso significa, dentre outras vantagens, melhor qualidade de vida ao usuário, seja no ambiente de trabalho, lazer ou residencial. Projetistas, profissionais e usuários, devem, cada vez mais, conhecer as formas de controlar a luz e gerar ambientes e cenários que facilitem a sua vida.





O maior evento de distribuição de energia elétrica da América Latina vem aí.

## SENDI 2025



26 a 30 de maio – Expominas  
Belo Horizonte

**Participe e seja protagonista:  
submeta seu trabalho técnico.**

Realização:

instituto  
abradee.



Empresa anfitriã:

CEMIG

Este é o momento de compartilhar suas ideias e inovações. Ao inscrever e ter seu trabalho aprovado, você não só contribui para o desenvolvimento do setor, mas também garante uma vaga, com valor diferenciado, no evento que será uma verdadeira vitrine de inovação e tecnologia.

Siga-nos nas redes sociais ou acesse o site do evento para saber mais sobre os prazos de inscrição.



## Por que participar?

- **Visibilidade:** Os melhores trabalhos serão apresentados a um público altamente qualificado.
- **Reconhecimento:** Seu trabalho pode ser premiado, destacando sua contribuição para o setor de distribuição de energia elétrica.
- **Networking:** Este é o evento ideal para ampliar sua rede de contatos e trocar experiências com os maiores especialistas do mercado nacional e internacional de energia elétrica.

Faça sua inscrição em [www.sendi.org.br](http://www.sendi.org.br)

### CONTATO

- [atendimento@sendi.org.br](mailto:atendimento@sendi.org.br)
- [/sendioficial](https://www.facebook.com/sendioficial)
- [@sendioficial](https://www.instagram.com/sendioficial)
- [/sendioficial](https://www.linkedin.com/company/sendioficial)
- <https://sendi.org.br/>



# Novos requisitos sobre projeto, seleção, montagem e inspeção inicial de instalações “Ex” da IEC 60079-14



*Roberval Bulgarelli é engenheiro electricista e consultor sobre equipamentos e instalações em atmosferas explosivas.*

Foi publicada pela IEC, em 30/08/2024, a Edição 6.0 da Norma internacional IEC 60079-14 - Atmosferas explosivas – Parte 14: Projeto, seleção, instalação e inspeção inicial de equipamentos elétricos.

Esta parte da série ABNT NBR IEC 60079 contém os requisitos específicos para o projeto, seleção, montagem e inspeção inicial de instalações elétricas em, ou associadas com áreas classificadas, incluindo requisitos sobre a documentação das instalações “Ex” e sobre as competências pessoais “Ex”. Os requisitos desta Norma são adicionais aos requisitos de instalações para áreas não classificadas.

Esta Norma considera que as instruções dos fabricantes são seguidas. Os aspectos de inspeção, manutenção e recuperação também representam um papel fundamental, em relação à gestão de instalações em áreas classificadas, sendo os usuários alertados a utilizar as Normas ABNT NBR IEC 60079-17 (Inspeção e manutenção de instalações “Ex”) e ABNT NBR IEC 60079-19 (Reparo, revisão e recuperação de equipamentos “Ex”), assim como as instruções dos fabricantes para informações adicionais com relação a estes aspectos de proteção.

Sob o ponto de vista de segurança e de conformidade técnica e legal das instalações “Ex”, esta norma pode ser considerada como sendo uma das mais importantes da série IEC 60079. Isto se deve ao fato de que nas etapas de projeto, especificação técnica dos equipamentos, montagem e inspeções iniciais detalhadas “Ex” são aplicadas as boas práticas internacionais consensadas, de forma que sejam evitados eventuais “desvios”

ou “não conformidade” nos equipamentos “Ex”, devido a falhas dos serviços de montagem dos equipamentos “Ex”, no início do seu ciclo total de vida das instalações “Ex”.

Dentre as principais alterações técnicas que foram introduzidas nesta Edição 6.0 da Norma IEC 60079-14 em relação à edição anterior podem ser destacadas as seguintes:

- 1) Inclusão das atividades das inspeções iniciais no título da norma, de forma a deixar claro que após cada montagem ou remontagem de equipamentos em instalações novas ou existentes, devem ser realizadas inspeções iniciais “Ex” com grau detalhado;
- 2) Incluída referência à IEC TC 60079-47, relacionada com a instalação de equipamentos e sistema intrinsecamente seguros a dois fios (2-WISE);
- 3) Incluídos requisitos adicionais sobre classe de temperatura, temperatura máxima de superfície, distâncias de separação, isolamento, invólucros, dispositivos de entrada de cabos e avaliação da documentação para equipamentos “simples”, a serem eventualmente utilizados em circuitos intrinsecamente seguros;
- 4) Incluídos novos requisitos para a seleção de prensa-cabos a serem instalados em invólucros metálicos com tipo de proteção “à prova de explosão” (Ex “d”), incluindo requisitos de grupo da classificação de áreas do local da instalação (IIC ou IIB+H2), volume nominal do invólucro, comprimento dos cabos e tipo dos cabos (com ou sem respiração restrita). Dependendo destes







critérios de projeto o prensa-cabos Ex “d” deve ser especificado como sendo do tipo de selo elastomérico (do tipo compressão) ou do tipo barreira;

- 5) Incluídos novos requisitos sobre especificação e montagem de dispositivos transponders ativos ou passivos do tipo RFID (Radio Frequency Identification);
- 6) Incluídos novos requisitos sobre motores elétricos “Ex” acionados por conversores de frequência;
- 7) Incluídos novos requisitos sobre seleção de equipamentos “Ex” com base no grau de poluição do local da instalação, com base na Norma IEC 60664-1 - Insulation coordination for equipment within low-voltage supply systems - Part 1: Principles, requirements and tests;
- 8) Incluídos novos requisitos para cabos para instalação fixa e entrada direta em invólucros metálicos do tipo “à prova de explosão” (Ex “d”);
- 9) Incluídos novos requisitos sobre conexão de cabos em áreas classificadas;
- 10) Incluído novo Anexo (normativo) sobre procedimento de ensaio de baixa pressão em cabos para verificação das características de respiração restrita;
- 11) Incluído novo Anexo contendo tabelas para inspeções iniciais detalhadas que devem ser executadas após cada serviço de montagem em instalações novas ou existentes; e
- 12) Incluído novo Anexo N (Normativo), sobre instalações de alta tensão, até 245 kV, sendo que o seu conteúdo ainda está em elaboração por parte do TC 31 da IEC.

Os profissionais participantes da Comissão de Estudo CE 003.031.001 do Subcomitê SCB 003.031 (Atmosferas explosivas) da ABNT/CB-003 (Eletricidade) acompanharam todo o processo de revisão, atualização, comentários, votação, aprovação e publicação desta nova edição da Norma IEC 60079-14. Com a publicação desta nova edição foram iniciados os trabalhos de atualização da respectiva Norma Técnica Brasileira adotada ABNT NBR IEC 60079-14, de forma a manter a devida atualização e harmonização com a respectiva norma técnica internacional, com base nos requisitos da DIRETIVA 3 da ABNT: Adoção de documentos técnicos internacionais.

Mais informações sobre a Norma técnica internacional IEC 60079-14 Ed. 6.0 estão disponíveis na IEC Webstore: <https://webstore.iec.ch/en/publication/66049>

## Treinamento Inspeção UV para **Descargas Parciais** (Efeito Corona)

2ª Edição



### Quando Acontecerá?

## OUTUBRO

O treinamento será  
realizado nos dias  
**15, 16 e 17** em Belo  
Horizonte - MG



### Inscrições Abertas



# Métodos de seleção de EPI para proteção contra arcos elétricos segundo a NFPA 70E - Parte 3/3



*Aginaldo Bizzo de Almeida é engenheiro eletricista e atua na área de Segurança do trabalho. É membro do GTT – NR10 e inspetor de conformidades e ensaios elétricos ABNT – NBR 5410 e NBR 14039, além de conselheiro do CREA-SP.*

**A**s categorias e suas indicações, bem como a energia mínima, são apresentadas na tabela abaixo, referenciada à tabela 130.7 (C) (15) (c) da NFPA 70E.

Então, dentro da Categoria 2, eu poderia utilizar um EPI com ATPV de 8 cal/cm<sup>2</sup> ou 20 cal/cm<sup>2</sup>? A resposta é sim. Contudo, analogamente ao apresentado na metodologia de análise de energia incidente, cabe ao processo de análise de riscos considerar diversos fatores ocupacionais, como aspectos ergonômicos, conforto, bem-estar e liberdade de movimentos na execução das atividades. Além disso, deve-se considerar a interação com outros EPIs necessários no processo. Nesse contexto, o fundamento da proteção térmica está relacionado à categoria.

Mas por que essa faixa tão larga? Sabemos que o processo teve origem em camadas de material (tecido) e que a soma de camadas de tecido não reflete na soma aritmética das RA desses tecidos, então se temos uma camada com RA de 4 cal/cm<sup>2</sup> de ATPV/EBT, provavelmente, duas camadas resultaram em aproximadamente 8 cal/cm<sup>2</sup> de ATPV/EBT, três camadas em aproximadamente 25 cal/cm<sup>2</sup> de ATPV/EBT e 4 camadas em 40 cal/cm<sup>2</sup> de ATPV. Novamente, isso é uma suposição baseada em relatos de colegas da NFPA pois não há esse registro nas normas.

A evolução das tecnologias trouxe condições superiores aos tecidos e materiais utilizados na atualidade, então o cenário hoje de levantamento das categorias provavelmente seria muito diferente.

Categoria 1 (4 cal/cm <sup>2</sup> )	Camisa de manga comprida e calças, ou macacão Protetor facial ou capuz Jaqueta, casaco, capa de chuva, capacete
Categoria 2 (8 cal/cm <sup>2</sup> )	Camisa de manga comprida e calças, ou macacão Protetor facial e balaclava ou capuz Jaqueta, casaco, capa de chuva, capacete
Categoria 3 (25 cal/cm <sup>2</sup> )	Camisa de manga comprida e calças, ou macacão Jaqueta, calça, capuz para manobra, luvas com resistência ao arco elétrico Jaqueta, casaco, capa de chuva, capacete
Categoria 4 (40 cal/cm <sup>2</sup> )	Camisa de manga comprida e calças, ou macacão Jaqueta, calça, capuz para manobra, luvas com resistência ao arco elétrico

Então a categoria tem um limite mínimo de RA, tende a ser conservadora por ser um procedimento simplificado de seleção, é limitado a equipamentos e condições específicas de parâmetros, e por fim, sua seleção não tem absolutamente nenhuma relação com estimativa de energia incidente.

## CONCLUSÃO

Com esse conhecimento podemos entender melhor que não podemos fazer uso de categoria quando trabalhamos com análise de energia incidente, e vice-versa, pois não há amparo da seleção em um método sobre o outro. Essa equivalência que foi plantada no mercado de EPIs, não faz sentido prático algum, e em alguns casos pode sobrecarregar o trabalhador com EPIs muito pesados, trazendo consequências diversas, que incluem indução de acidentes, quando tentamos impor uma categoria sobre uma análise de energia incidente, essa última possuindo uma tendência à otimização.

De outro lado podemos induzir uma seleção perigosa no sentido da proteção reduzida, quando realizamos uma análise de energia incidente e selecionamos uma categoria que pode incluir um EPI com RA inferior ao que realmente necessitamos.

Esses fatores são a ressalva da NFPA 70E sobre a utilização de um único método e jamais os dois.

Finalmente, os dois processos têm como base a Resistência ao Arco elétrico em Termos de ATPV ou EBT, e o novo parâmetro ELIM, estabelecido pela norma IEC 61482-2, não tem relação com essas bases de seleção da NFPA 70E. O uso do ELIM está condicionado a um processo de análise de riscos com vistas a outras premissas de proteção, e seu uso ainda é objeto de estudo de comitês internacionais de normalização.

Dessa forma, é fundamental que todos os profissionais habilitados que realizam estudos de energia incidente, e, principalmente profissionais do SESMT que realizam análise de risco para especificação de EPI para proteção ao risco de arco elétrico, sejam capacitados corretamente para que os profissionais da área elétrica sejam protegidos adequadamente.





Grupo

**telbra** Ex<sup>®</sup>

Indústria e Comércio



# OFICINA DE REPAROS Ex: Certificado de Conformidade



Serviços  
Prestados



 **MODEC**

 **ocyan**

 **SBM**  
OFFSHORE  
ENERGY COMMITTED

 **BR**  
PETROBRAS

Central de Vendas: 55 11 2946-4646 / [www.telbra.com.br](http://www.telbra.com.br) / [telbra@telbra.com.br](mailto:telbra@telbra.com.br)



# Solução para a distância de segurança



José Barbosa é engenheiro eletricista, relator do GT-3 da Comissão de Estudos CE: 03:064.010 - Proteção contra descargas atmosféricas da ABNT / Cobei responsável pela NBR5419. | [www.eletrica.app.br](http://www.eletrica.app.br)

As descargas atmosféricas possuem grande potencial para causar incêndios, como pode ser observado nos danos resultantes do impacto direto em estruturas e equipamentos, ou quando uma linha de energia ou de sinal conectada a uma estrutura ou equipamento é atingida diretamente.

Captar a descarga atmosférica, impedindo que ela atinja a estrutura ou o equipamento, pode não resolver (e geralmente não resolve) o problema do incêndio. A corrente da descarga atmosférica que será conduzida pelos condutores da captação ou descida é capaz de induzir tensões em laços abertos que geram centelhamentos perigosos, que causam o incêndio, nas aberturas desses laços.

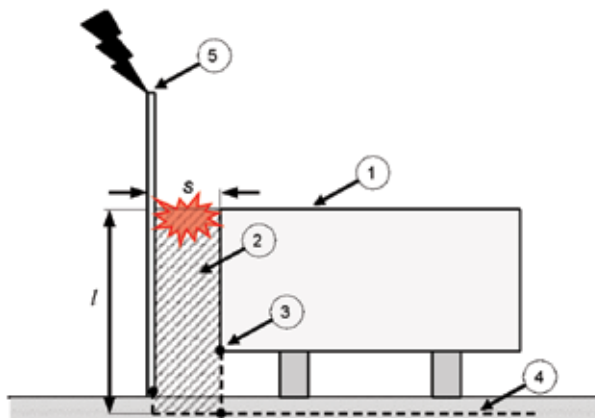


Figura 1 – Laço formado pelo captor do SPDA e a estrutura

Na figura 1, "S" representa a abertura do laço formado pelo captor, o aterramento e a estrutura e seria o ponto passível de ocorrer um centelhamento perigoso. A NBR5419-3 apresenta uma estrutura de cálculo que dimensiona a distância "S" suficiente para não ocorrer o centelhamento. Essa distância recebeu o nome de distância de segurança.

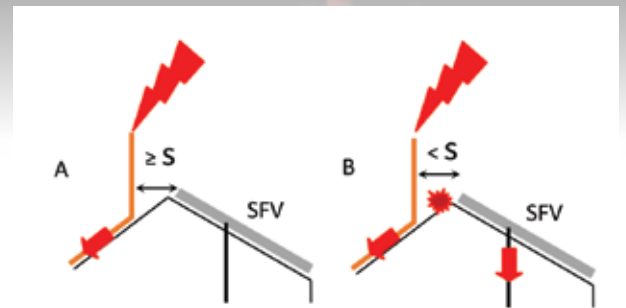


Figura 2 – Laço formado pelo captor do SPDA e a estrutura

Esse conceito está presente na NBR 5419 há várias décadas e, frequentemente, representa um grande desafio nos projetos de SPDA. Isso ocorre porque a distância de segurança pode ser difícil de atender em certas situações. Na figura 2, a situação A ilustra o caso em que a distância de segurança é respeitada, enquanto a situação B mostra o caso em que essa distância não é cumprida.

Quando a distância não é atendida, pode ocorrer centelhamento entre o SPDA e a instalação, que neste caso é um sistema fotovoltaico (SFV). O centelhamento causa danos no ponto de conexão e pode provocar incêndios devido ao aumento de temperatura nesta região. Além disso, a corrente da descarga atmosférica pode ser injetada na instalação, expondo pessoas à tensão de toque, provocando centelhamentos internos que causam incêndios e resultando em danos aos equipamentos.

Uma solução é o uso de condutores com isolamento capaz de substituir a distância de segurança necessária em casos onde o afastamento adequado do SPDA não seja viável, como frequentemente ocorre em sistemas fotovoltaicos. Esses cabos, aqui referidos como Cabos Isolados para Alta Tensão Impulsiva



Figura 3 – cabos isolados para alta tensão impulsiva (CIATI)

(CIATI) – embora cada fabricante utilize uma nomenclatura própria, estão disponíveis no mercado para substituir distâncias específicas de segurança e são definidos pela IEC 62561-8. Por exemplo, existem CIATI que substituem distâncias de segurança de 45, 75, 90 e até 180 centímetros.

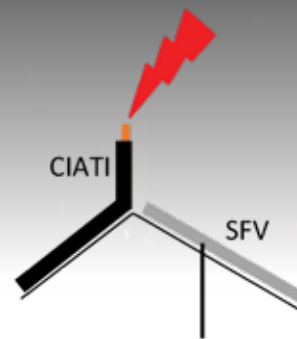


Figura 4 – Uso do CIATI em SFV

Assim, quando houver a necessidade de atender a uma dessas distâncias de segurança, mas o espaço para afastar o SPDA da instalação for insuficiente, pode-se optar pelo uso de um CIATI, instalando-o de forma que possa até mesmo ser fixado junto à instalação. Dessa forma, garante-se a segurança e evita-se a ocorrência de centelhamentos.

## Elimine a solda de seus projetos de Suportação!

# Linha Perfil Estrutural



**Economia e  
segurança**



**Elimine a  
solda**



**Instalação  
simplificada**



**Sistema  
modular**



Entre em contato agora mesmo e garanta qualidade e praticidade em seus projetos.

✉ vendas@eletropoll.com.br

☎ +55 47 3375 6700

📍 Presente em todo território nacional!

# Sustentabilidade na indústria elétrica



*Nunziante Graziano é engenheiro electricista, mestre em redes e equipamentos, Ph.D. Em Business Administration e CEO do Grupo Gimi |nunziante@gimi.com.br*

**A** evolução das tecnologias de fabricação de painéis elétricos tem sido impulsionada pela crescente demanda por eficiência, segurança e sustentabilidade nos sistemas elétricos.

Os painéis elétricos de alta tensão, especialmente aqueles projetados para operar até 36kV, desempenham um papel crucial na distribuição de energia em indústrias, subestações e sistemas de transmissão.

Este artigo explora as tecnologias modernas que estão transformando a fabricação desses painéis. Em busca de inovação, cada vez mais, os fabricantes desses produtos estão utilizando compósitos e plásticos de engenharia que oferecem alta resistência a impactos e propriedades isolantes superiores. Esses materiais não apenas reduzem o peso dos painéis, como também melhoram a segurança, minimizando riscos de falhas elétricas.

O uso de alumínio, em vez de aço, também está se tornando comum, pois oferece resistência à corrosão e facilidade de manuseio.

A reciclagem de materiais desempenha um papel fundamental na indústria elétrica, trazendo uma série de benefícios ambientais, econômicos e sociais. A reciclagem ajuda a minimizar a quantidade de resíduos gerados pelo setor elétrico. A reciclagem também contribui para a conservação de recursos naturais, como metais e plásticos. A extração e o processamento de novos materiais podem ser intensivos em recursos e energia. Ao reciclar, a indústria elétrica diminui a demanda por novos materiais, preservando os recursos naturais e reduzindo o impacto da mineração e da extração.

A reciclagem é uma parte essencial da transição para uma economia circular, onde o foco está na reutilização e reutilização de materiais, ao invés de simplesmente descartá-los. Na indústria elétrica, isso significa que os materiais recuperados podem ser reintegrados na cadeia de produção, reduzindo a necessidade de novos insumos e promovendo a sustentabilidade. O processo de reciclagem geralmente consome menos energia do que a produção de novos materiais a partir de matérias-primas. Por exemplo, a reciclagem de metais como cobre e alumínio, requer, significativamente, menos energia em comparação com a mineração e o refino desses metais. Isso contribui para a eficiência energética da indústria elétrica, reduzindo a pegada de carbono associada à

produção. A necessidade de reciclar materiais tem incentivado a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias e processos.

A automação é uma tendência crescente na fabricação de painéis elétricos. Com a implementação de tecnologias da Indústria 4.0, como Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial (IA) e robótica, os processos de produção tornaram-se mais eficientes e precisos. Sensores conectados permitem monitorar em tempo real a condição dos equipamentos e a qualidade dos produtos, enquanto robôs realizam montagens complexas com alta precisão. Essa automação não apenas acelera a produção, mas também reduz a margem de erro humano, resultando em painéis mais confiáveis.

Outra inovação significativa é o design modular dos painéis elétricos. Essa abordagem permite que os painéis sejam facilmente adaptados a diferentes aplicações e exigências de espaço. Os módulos podem ser pré-fabricados e testados em ambiente controlado antes da instalação, o que reduz o tempo de montagem no local e minimiza interrupções nas operações. Além disso, o design modular facilita a manutenção e a atualização dos sistemas, permitindo que componentes individuais sejam substituídos sem a necessidade de substituir todo o painel.

A consciência ambiental e a eficiência energética estão se tornando prioridades na fabricação de painéis elétricos. As tecnologias modernas incorporam sistemas que melhoram a eficiência energética, como transformadores com menor perda de energia e sistemas de monitoramento que otimizam o uso da eletricidade. Além disso, práticas de fabricação sustentáveis e redução de resíduos estão se tornando comuns. Isso não apenas atende às regulamentações ambientais, mas também atende à crescente demanda por soluções mais ecológicas.

Portanto, as tecnologias modernas de fabricação de painéis elétricos estão em constante evolução, impulsionadas pela necessidade de maior eficiência, segurança e sustentabilidade. A combinação de materiais avançados, automação, design modular e um foco em eficiência energética está transformando a forma como esses painéis são projetados e fabricados. À medida que o setor elétrico continua a se desenvolver, essas inovações serão fundamentais para atender às crescentes demandas por energia e para garantir a confiabilidade dos sistemas elétricos modernos.





# Testes finais em instalações MT – Resistência de isolamento

Por: Eng José Starosta – Diretor da Ação Engenharia e Instalações Ltda  
jstarosta@acaoenge.com.br

Na edição passada, de nº206, chamei a atenção para a necessidade da conclusão da construção ou reforma de uma instalação elétrica em MT serem executados testes finais. A primeira providência é a execução de uma inspeção visual. Essa inspeção visual deve incluir no mínimo a verificação dos seguintes pontos, quando aplicáveis:

- a) Medidas de proteção contra os choques elétricos, incluindo a medição de distâncias mínimas relativas à proteção por barreiras ou invólucros, por obstáculos ou pela colocação fora de alcance;
- b) Presença de barreiras contra o fogo e outras precauções contra propagação de incêndio e proteção contra efeitos térmicos;
- c) Verificação de que os condutores instalados correspondem aos selecionados no projeto e que foram corretamente instalados;
- d) Tipo e modelo dos dispositivos de proteção e monitoração instalados e seus ajustes;
- e) Presença de dispositivos de seccionamento e comandos, corretamente localizados;
- f) Seleção dos equipamentos e das medidas de proteção de acordo com as influências externas que foram projetadas;
- g) Correta identificação de todos os condutores;
- h) Presença de esquemas elétricos, listas de materiais, avisos e outras informações similares;
- i) Existência de etiquetas para a identificação dos circuitos, fusíveis, disjuntores, seccionadoras, terminais, transformadores etc.;
- j) Correta execução das conexões;
- k) Acessibilidade conveniente para operação e manutenção;
- l) Medição das distâncias mínimas entre fases, fase e neutro e fase e terra;
- m) Verificação de que as saídas de emergência estão livres e operacionais; e
- n) Verificação de integridade do sistema de aterramento contra danos, como condutores quebrados, cortados ou desconectados, e sinais de corrosão nos eletrodos e conexões.

Após a realização dessa inspeção visual, é importante proceder a um teste da instalação. Esse teste deve englobar os seguintes itens:

- a) Continuidade elétrica dos condutores de proteção e das ligações equipotenciais principais e suplementares;
- b) Resistência de isolamento da instalação elétrica;
- c) Teste de tensão aplicada;
- d) Teste para determinação da resistência de aterramento conforme prescrito na ABNT NBR 15749; e
- e) Testes de funcionamento.

Na Edição 206, nossa discussão foi dirigida para os testes de funcionamento. Agora, gostaria de chamar a atenção do leitor para a verificação da resistência de isolamento da instalação.

A resistência de isolamento deve ser medida entre os condutores vivos, tomados dois a dois e entre cada condutor vivo e a terra.

A medida da resistência de isolamento de circuitos, entre cada fase separadamente e fase-terra, deve ser obtida com a aplicação mínima de 5kV durante 1 minuto e atender aos valores da tabela 1:

**TABELA 1 – VALORES MÍNIMOS DA RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO**

TENSÃO NOMINAL DA INSTALAÇÃO $U_r$ (kV)	VALOR MÍNIMO $M\Omega$
Até 13,8	30
>13,8 e <= 34,5	50

Uma instalação adequadamente projetada, corretamente construída, com emprego de componentes de qualidade e certificados, e testada conforme as normas técnicas, será sempre a segurança para os operadores, para o proprietário e para toda a sociedade.

# Por que as redes aéreas fracassam?



*Daniel Bento, PMP®, é Eng. Eletricista e atua com redes isoladas de MT. Coordenou o Comitê de Estudos B1 do CIGRE, sendo coautor das Brochuras Técnicas 773 e 924. Foi responsável técnico da rede de distribuição subterrânea de SP. Atualmente, é CEO da BAUR do Brasil.*

**A** inspiração do título deste artigo vem do livro “Por que as nações fracassam”, ganhador do Prêmio Nobel de Economia em 2024, dos autores Daron Acemoglu e James A. Robinson. Para quem ainda não percebeu, o mundo está vivenciando um momento de grande vulnerabilidade aos eventos climáticos extremos, como o que vimos no dia 11 de outubro de 2024, data em que mais uma tempestade atípica provocou severos danos à rede de distribuição elétrica de São Paulo. Cerca de 1,6 milhão de brasileiros ficaram às escuras, milhares por mais de 5 dias. Não foi a primeira e nem será a última, como venho alertado, baseado em estudos como o da Enterprise Apps Today, que destaca o aumento de inundações no mundo em mais de 134% nos últimos 22 anos.

Nesses mais de 30 anos trabalhando com o setor elétrico, este talvez seja o momento mais crítico para discutirmos seriamente sobre como podemos melhorar a resiliência das nossas redes de distribuição elétrica, a curto, médio e longo prazo.

No curto prazo, entendo que podemos tomar duas ações para mitigar esses problemas. A primeira delas seria por parte das concessionárias de energia. Além de dedicação especial atenção à manutenção dessas redes, essas empresas, em conjunto, deveriam adotar planos de contingência bem articulados, inclusive com colaboração mútua entre concessionárias do mesmo ou de outros estados, para lidar com as consequências desses eventos e restabelecer a energia para os cidadãos o mais rápido possível, garantindo a segurança de todos.

Outra alternativa de curto prazo para mitigar os efeitos dos cortes de energia pode ser tomada pelos próprios consumidores. É o que a NBR 5410:2004 chama de fonte de reserva de energia. Clientes residenciais, comerciais e industriais podem prever soluções de contingência para a falta de energia pública, como geradores a diesel e fotovoltaicos, além do armazenamento de energia por bateria.

Mas e no longo prazo? Bem, sempre que um novo evento climático provoca danos severos à rede elétrica brasileira, afetando diretamente os consumidores, muitos especialistas

surgem para falar sobre o custo das redes subterrâneas. Para a grande maioria dos profissionais que se posicionam sobre o assunto, elas chegam a ser 10, 15 ou até 20 vezes mais caras do que as redes aéreas.

Hoje, as configurações das redes subterrâneas mais conhecidas são:

- A rede radial simples, caracterizada por ter apenas um caminho de alimentação das cargas;
- A rede reticulada, também conhecida como network, que conta com mais de um caminho para alimentação das cargas.

Além disso, é possível prever transformação diretamente enterrada no solo, parcialmente enterrada ou até mesmo no nível do solo.

Mais recentemente, soube também de uma solução interessante chamada Ground-Level Distribution System (GLDS). A alternativa surgiu como resposta para os casos em que tornar os circuitos subterrâneos era tecnicamente inviável no programa ambicioso de enterramento de linhas da concessionária americana PG&E.

O GLDS utiliza bandejas de polímero moldadas que mantêm os conduítes dos cabos fixos enquanto o concreto geopolimérico, especialmente desenvolvido para este fim, é aplicado. Esses materiais são não metálicos, porém são retardantes de chamas, garantindo proteção contra eventos como incêndios florestais, além de oferecerem resistência contra danos mecânicos, o que é crucial para um sistema instalado na superfície do solo.

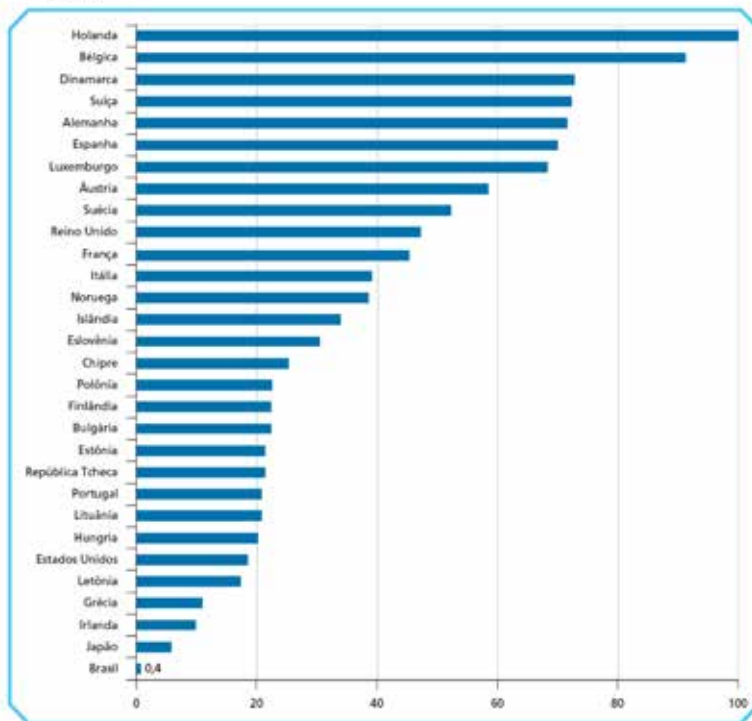
Dito isso, quando falamos que a rede subterrânea é 10 ou até 20 vezes mais cara do que a rede aérea, o que, exatamente, estamos comparando? Uma rede subterrânea reticulada com uma rede aérea convencional? Se as discussões sobre enterrar linhas críticas de distribuição elétrica continuarem girando em torno de informações desatualizadas e sem parâmetros como essas, nunca sairemos do lugar representado no gráfico a seguir:

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.

Redes subterrâneas no Brasil e em países e selecionados (Em %)



Fonte: CPqD (s.d.).

Entendo que, para aumentarmos o percentual das redes subterrâneas no Brasil a fim de enfrentar os estragos causados durante eventos climáticos extremos, precisamos desenvolver padrões com arranjos específicos e critérios técnicos muito bem definidos para a ampliação das redes subterrâneas. Além disso, a ANEEL, juntamente com as concessionárias, poderia coordenar um plano decenal de enterramento de redes no Brasil e, paralelamente, o governo poderia promover uma desoneração tributária sobre equipamentos, materiais e serviços relacionados à implementação dessas infraestruturas, reduzindo então os custos associados às obras. Só assim, teríamos um horizonte mais promissor pela frente.

**(31) 3317-5150**  
**(31) 3331-1333**

Rua Agenério Araújo 366 - Camargos - BH/MG  
vendas@exponencialmg.com.br

**exponencialmg**

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

Produtos Homologados **CEMIG**

Compre com seu cartão  
**BNDES**



# Do estoque ao fluxo: a transição energética para as tecnologias de baixo carbono e o dilema dos materiais



*Danilo de Souza é professor na Universidade Federal de Mato Grosso, sendo membro do Núcleo Interdisciplinar de Estudos em Planejamento Energético – NIEPE, e é Coordenador Técnico do CINASE – Circuito Nacional do Setor Elétrico. Danilo também é Pesquisador no Instituto de Energia e Ambiente da USP | [www.profdanilo.com](http://www.profdanilo.com)*

Uma questão pouco abordada atualmente envolve a utilização dos materiais para a construção dos equipamentos com tecnologias de baixo carbono, tanto para os usos finais de energia, por exemplo, em veículos elétricos, quanto para geração de energia, como em plantas eólicas (onshore e offshore) e solares. Ao comparar essas fontes com as fósseis – como carvão, óleo e gás – constatamos uma mudança expressiva na trajetória energética da humanidade. Nossa espécie mudou significativamente ao deixar de depender exclusivamente do “fluxo” energético, ou seja, de fontes como a fotossíntese para a agricultura, a energia eólica para navegação e moinhos, e a solar para a produção de alimentos. Essa dependência foi substituída pelo “estoque” de energia contido nos combustíveis fósseis, como petróleo, carvão e gás.

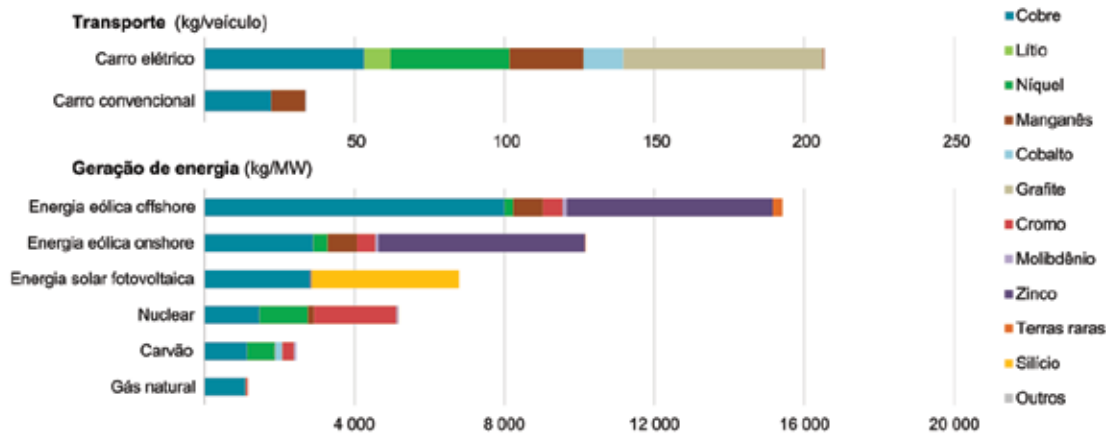
A partir do século XIX, essa transição para fontes estocadas, em conjunto com os avanços médicos, foi fundamental para o crescimento populacional. Essa mudança de paradigma nas formas como interagimos com as fontes de energia iniciou-se na Revolução Industrial. Esse período permitiu que a humanidade abandonasse a dependência das fontes primárias de baixo carbono e se apropriasse dos hidrocarbonetos, expandindo a capacidade de produção e distribuição em grande escala. Essa “nova” fonte de energia viabilizou a concentração de pessoas em grandes cidades, transformando radicalmente o modo de produção e possibilitando o crescimento populacional acelerado. A exploração dos recursos fósseis, portanto, foi o motor central da Revolução Industrial e do subsequente boom populacional.

Esse acesso ao “estoque” de energia permitiu que a população global saltasse de cerca de um bilhão para mais de oito bilhões em poucas décadas, com estimativas de estabilização em torno dos dez bilhões em 2050 segundo as estimativas da Divisão de População

das Nações Unidas (ONU). No entanto, o desafio que se apresenta agora é imenso: retornar ao “fluxo” e buscar novamente as fontes de baixo carbono para sustentar o planeta, conciliando o crescimento humano com práticas energéticas que tenham menor impacto nas relações termodinâmicas antrópicas da biosfera.

Cabe destacar que um dos aspectos pouco explorados ao se analisar o retorno ao fluxo é a intensidade do uso de materiais nas tecnologias de baixo carbono. Embora o ciclo de vida dessas fontes, desde a produção, transporte e uso, até o descarte ou reciclagem, mostre uma vantagem clara em relação às fontes fósseis, muitas vezes negligenciamos o impacto gerado pela própria produção dessas tecnologias. Em outras palavras, quão intensiva é essa produção em termos de materiais e recursos?

Estamos atuando no sentido de deixar de depender dos combustíveis fósseis – hidrocarbonetos concentrados em determinadas regiões e, frequentemente, fonte de conflitos geopolíticos – e retornando aos fluxos, que possuem uma distribuição mais igualitária no nosso planeta. Esse é um dos motivos para falarmos em geração distribuída, em contraste com a geração concentrada típica dos fósseis. Sair dessa concentração, em princípio, nos afastaria de uma dependência geopolítica intensa, permitindo uma nova condição de produção energética mais distribuída e acessível. No entanto, a promessa de “felicidade” associada à transição para as fontes de baixo carbono enfrenta uma nova complexidade. Produzir as tecnologias necessárias para esse futuro, seja para o uso final, como os veículos elétricos, ou para a geração de energia, como a eólica e a solar, gera uma intensa demanda por um grupo específico de minerais e materiais, que, por sua vez, não se encontram igualmente distribuídos ao longo do planeta. Assim, ao sair do estoque fóssil para esse novo fluxo, não eliminamos a geopolítica, mas a transformamos.



A comparação entre o uso de materiais para produzir 100 MW de energia a partir de fontes eólica e de gás natural revela uma demanda significativamente maior de recursos pela primeira, especialmente em materiais como aço (14.000 toneladas), cobre (600 toneladas) e concreto (90.000 toneladas), necessários para a infraestrutura das turbinas. Em contrapartida, a produção de energia a partir do gás natural utiliza menos materiais para a construção de uma usina (1.500 toneladas de aço, 20 toneladas de cobre e 15.000 toneladas de concreto – conforme tabela), embora dependa do abastecimento contínuo de gás para operar, resultando em emissões constantes de carbono.

Tipo de Material	100 MW Eólica (aprox.)	100 MW Gás Natural (aprox.)
Aço	14.000 toneladas	1.500 toneladas
Cobre	600 toneladas	20 toneladas
Concreto	90.000 toneladas	15.000 toneladas
Alumínio	700 toneladas	30 toneladas
Plástico e Compostos	2.000 toneladas	100 toneladas
Óleo Lubrificante e Outros	100 toneladas	200 toneladas

Uma das contradições observadas nesse processo é que os países que detêm a maior parte das reservas de minerais estratégicos são os mais afetados pelas mudanças climáticas e, em alguns casos, são considerados de governança “frágil”, destacando-se a República Democrática do Congo, Afeganistão, países do Sahel, da África Central, algumas nações do Oriente Médio e do Norte da África, Sudeste Asiático, América Central e partes da América do Sul. A falta de governança sólida, em bases fortemente enraizadas nos interesses da população mais pobre, e o comprometimento com o acesso às riquezas produzidas, aumentam os riscos de conflitos, do deslocamento de comunidades locais e a ampliação da degradação ambiental já inerente da exploração mineral, criando uma situação complexa para o desenvolvimento das forças produtivas.

Segundo o artigo "Energy transition minerals and their intersection with land-connected peoples", publicado na Nature Sustainability, aproximadamente 30 minerais estratégicos, como o cobalto, lítio, metais de terras raras, entre outros, formam a base

material para essa transição. No entanto, a exploração desses minerais apresenta uma elevada interseccionalidade com territórios historicamente menos industrializados – muitos deles habitados por povos nativos e populações rurais. Uma análise de 5.097 projetos geolocalizados mostrou que mais da metade está situada em ou próxima a terras reservadas a esses grupos - os quais têm soberania sobre as terras e devem ser consultados a respeito da possibilidade de exploração dessas matérias-primas, sendo esses direitos protegidos por declarações das Nações Unidas.

Dessa forma, é importante enfatizar que a simples presença de minerais na crosta terrestre não é suficiente. O verdadeiro desafio reside na extração e processamento deles, além da construção de uma infraestrutura de baixo carbono, que demandará grandes quantidades de metais, como alumínio, aço, cimento e metais de terras raras, bem como recursos específicos, como o polissilício para painéis solares, e o disprósio e neodímio para turbinas eólicas. Apesar de as reservas geológicas serem suficientes para atender à demanda até 2050, a mineração e o processamento desses materiais gerarão uma grande quantidade de resíduos no ar, na terra e na água. Esse desafio se agrava no contexto de sistemas de armazenamento, principalmente baterias, cuja produção de grafite, lítio e cobalto precisará de um aumento de aproximadamente 450% até 2030, quando comparado aos níveis de 2018.

Assim, a expansão das tecnologias de baixo carbono, tanto na produção quanto nos usos finais de energia, representa um avanço significativo na mitigação das mudanças climáticas e como um mecanismo de adaptação. No entanto, essa transição traz consigo desafios que vão além da simples substituição dos combustíveis fósseis. A crescente dependência de minerais estratégicos exige uma abordagem complexa e holística, que não se limite apenas ao fornecimento dos recursos necessários — sejam eles energia, tecnologia ou materiais. É essencial também promover um diálogo profundo e respeitoso com as comunidades locais, estimar os impactos ambientais para além das emissões e assegurar que as populações diretamente envolvidas participem equitativamente da riqueza gerada.

## Associação da manutenção centrada em confiabilidade com manutenção em transformadores de potência: abordagem técnica



*Caio Huais é engenheiro industrial, especialista em Engenharia Elétrica e Automação com MBA em engenharia de manutenção e gestão de negócios. Atualmente, ocupa posição de gerente corporativo de manutenção no Grupo Equatorial, respondendo pelo desempenho da Alta Tensão de 7 concessionárias do Brasil.*

**S**istemas elétricos de potência são compostos por uma integração de equipamentos que garantem a geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Entre esses componentes, as subestações desempenham um papel crucial, sendo responsáveis pela transformação de tensão e pela interconexão entre diferentes níveis de tensão, dentro dessa infraestrutura. Nas subestações, os transformadores de potência são elementos essenciais para o funcionamento da rede, pois são os responsáveis pela elevação e redução de tensões para diferentes estágios da transmissão de energia, com vistas à redução das perdas correlatas.

A manutenção desses sistemas e seus equipamentos é, portanto, uma tarefa tecnicamente complexa, que deve ser realizada de forma planejada e criteriosa, principalmente em transformadores de potência (por terem mais elementos a serem observados/manutenidos e por sua importância operacional estratégica), cujas falhas podem gerar consequências graves, como interrupções no fornecimento e danos dispendiosos aos equipamentos.

Nesse sentido, a abordagem de manutenção centrada na confiabilidade (RCM) tem sido cada vez mais adotada para melhorar a eficiência da manutenção, reduzir falhas inesperadas e garantir a longevidade dos ativos (Moulin et al., 2020).

Dentro da RCM, a manutenção preditiva desempenha um papel fundamental, assim, os ensaios em transformadores de potência são realizados com o objetivo de detectar falhas antes que elas resultem em danos significativos. Citam-se, como principais ensaios aplicados aos transformadores em campo:

- Análises de óleo isolante: o óleo isolante é componente estratégico do sistema isolante de transformadores de potência. Sua análise periódica permite detectar gases dissolvidos

que, a depender da combinação, das concentrações e da evolução temporal, podem explicitar tendências de falha. Para tanto, aplica-se a análise de gases dissolvidos (AGD) em óleo isolante, também denominada cromatografia, em alusão aos cromatógrafos utilizados nos laboratórios químicos em que ela é procedida. Além disso, a avaliação físico-química periódica do óleo isolante desponta como uma necessidade para acompanhar sua gradativa degradação, a se manifestar por alterações em grandezas, como a rigidez dielétrica, o teor de água, a tensão interfacial, o fator de perdas, o ponto de fulgor e outros. Essas informações, se adicionadas às modelagens estatísticas de falha, baseadas em RCM, já permitem, por exemplo, definir, em um parque elétrico, prioridades de manutenção, caso se opte pelo óleo isolante como um primeiro balizador de tomada de decisão.

- Ensaios elétricos de resistência de isolamento: reduções nas medidas de resistência de isolamento, quando referenciadas a uma mesma temperatura, podem indicar uma degradação no sistema isolante de transformadores de potência, sobretudo quando há problemas no óleo isolante ou evidências de perda de vida útil acentuada da isolação celulósica.

- Ensaios elétricos de fator de potência do isolamento: complementado os ensaios de resistência de isolamento, medidas de fator de potência do isolamento que, previamente corrigidas a uma temperatura de referência, apresentem crescimento em relação a valores tomados como limites por fabricantes, ou mesmo em relação a ensaios precedentes, sinalizam degradação do sistema isolante, que deve ser averiguado quando isso ocorrer.

- Ensaios elétricos de relação de transformação de espiras: erros acima dos limites normativos para a relação de transformação de espiras indicam problemas nas bobinas, como problemas de isolação entre espiras adjacentes. Por mais que defeitos



assim, geralmente, levam à falha rápida do equipamento, caso detectados desvios em transformadores que estavam em operação, a investigação acurada torna-se essencial para que se evitem falhas.

- Ensaios elétricos de resistência elétrica dos enrolamentos: diferenças muito expressivas entre medidas de resistência elétrica de bobinas semelhantes de um mesmo enrolamento ou aumentos expressivos de seus valores, considerando medidas corrigidas a uma temperatura de referência, explicitam potenciais problemas, sobretudo de más conexões internas. Reduções de valores também podem ocorrer em casos de curtos-circuitos entre espiras, embora, casos assim, quando ocorrem, geralmente já culminam na rápida falha do equipamento.

- Ensaios elétricos de corrente de excitação com tensão reduzida: desvios ou assimetrias significativas entre as medidas de corrente de excitação com tensão reduzida indicam potenciais deformações no núcleo magnético, cabendo inspeção da parte ativa e obtenção de evidências adicionais para que o problema não evolua para uma falha.

- Ensaios elétricos em buchas condensivas: variações nas medidas de capacitância e tangente delta de buchas condensivas indicam o comprometimento do sistema isolante, exigindo intervenção imediata.

Esses ensaios, quando realizados de forma sistemática e periódica, ajudam a prever falhas, evitar danos catastróficos e, com isso, prolongar a vida útil dos transformadores de potência.

A aplicação de RCM em subtransmissão envolve a análise de confiabilidade de equipamentos como transformadores de força, transformadores de instrumentos, disjuntores, isoladores, condutores isolados ou nus e mesmo dos sistemas de proteção e automação, com seus diversos componentes, levando em consideração a criticidade de cada um deles para a operação do sistema como um todo e as suas correlatas estatísticas de falha, devidamente estratificadas por similaridades construtivas, para serem representativas.

## REFERÊNCIAS

- AZAIEZ, M. & DUFRESNE, L. (2016). *Reliability-Centered Maintenance: A Methodology for Improving the Efficiency of Industrial Systems*. Springer.
- BEZERRA, F. P. et al. (2019). *Gerenciamento de ativos em sistemas elétricos de potência: Desafios e práticas de manutenção*. *Journal of Power Systems*, 45(1), 75-89.
- GOMES, M. L. et al. (2019). *Tecnologia de monitoramento e manutenção em sistemas elétricos de potência*. *Brazilian Journal of*

*Electrical Engineering*, 35(3), 145-157.

- MEDEIROS, M. G. et al. (2021). *Monitoramento remoto e análise preditiva em sistemas de subtransmissão: Aplicações e desafios*. *Journal of Power Distribution*, 10(2), 50-64.

- MOUIN, J. et al. (2020). *Reliability-Centered Maintenance Applied to Electrical Systems*. *IEEE Transactions on Power Systems*, 35(6), 1234-1245.

- SILVA, L. D. (2020). *Análise de Gases Dissolvidos em Óleo: Importância na Manutenção de Transformadores de Potência*. *Electrical Engineering Review*, 58(4), 233-243.

- TAVARES, M. & SOUZA, D. (2020). *Ensaios de Diagnóstico em Transformadores: Práticas e Aplicações em Manutenção*. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 56(2), 456-465.

- VARGAS, A. et al. (2018). *Ensaios e Diagnóstico de Transformadores de Potência*. *Journal of Electrical Engineering*, 37(1), 87-102.





# I.O.S.E

INSTITUTO O SETOR ELÉTRICO  
EDUCAÇÃO E NEGÓCIOS

## Torne-se o profissional de energia que o mundo precisa!

Automação de subestações • Aterramento de SE e LTs • Aterramento e PDA em UFV • Energia incidente • OpenDSS • O&M de subestações • O&M de parques eólicos • Projeto de subestações • Proteção de SEP • Proteção e seletividade de cabines MT • Qualidade de Energia e a Geração Distribuída • Transformadores de potência



Treinamentos técnicos e encontros de negócios com conteúdo da mais alta qualidade apresentado por verdadeiros mestres em suas áreas de atuação.

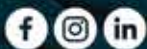
[www.institutoseletrico.com.br](http://www.institutoseletrico.com.br)

### Índice de anunciantes

APS	61
BRVAL	13
CLAMPER	5
COBRECOM	21
DOMINIK	3ª capa
ELETROPOLL	73
EMBRASSTEC	49
EXPONENCIAL	77
GONZAGA	69
GRUPO GIMI	2ª capa e 33
INCESA	59
INTELLI	4ª capa
ITAIPU	53
KRJ	19
MAXBAR	11
MINUZZI	31
MITSUBISHI	63
NEOCABLE	39
OMICRON ENERGY	6 e 7
PEXTRON	45
ROMAGNOLE	47
SENDI	67
SIL	17
STHRAL	29
TELBRA EX	71
TRAEI	25
VARIXX	65
VINCE ENERGIE	37



SIGA-NOS:



GRUPO  
**DOMINIK** +70  
anos

# ***LINHA SINCRONIZADA MDK TECH BDAS***



***LINHA REPASSE E  
FRACIONAMENTO DE CABOS  
RECUPERAÇÃO DE  
BOBINAS DANIFICADAS***



+55 (48)33813333

+55 (48) 98403-9291

VISITE NOSSO SITE:

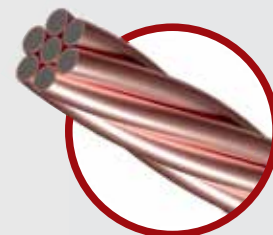
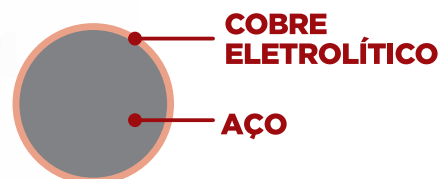
[dominikindtech.com.br](http://dominikindtech.com.br)

**DOMINIK**  
TECNOLOGIA INDUSTRIAL



# HASTES DE ATERRAMENTO

CONFIANÇA | QUALIDADE | TRADIÇÃO



MELHOR COM  
**CS - COPPERSTEEL®**  
CONDUTORES DE AÇO REVESTIDO DE COBRE

Há 40 anos, somos referência em hastes de aterramento, oferecendo soluções confiáveis e duradouras.

Conte conosco para garantir a segurança e eficiência do seu sistema.

Siga-nos nas redes sociais.



**GRUPO INTELLI**

WWW.GRUPOINTELLI.COM.BR