



REVISTA

# o setor elétrico

ISSN 1983-0912

Ano 18 - Edição 199 / Novembro - Dezembro de 2023

## Autoprodução de energia: indústrias brasileiras abraçam a sustentabilidade para alavancar seus negócios

Com geração própria de energia, empresas de pequeno, médio e grande porte assumem protagonismo na busca por um planeta mais sustentável

### CINASE CURITIBA

Em grande expansão, indústria elétrica da Região Sul está cada vez mais competitiva e tecnológica

### ARTIGO TÉCNICO

Sistemas de Gerenciamento Inteligente de Ativos. Por Ricardo Roscoe

### SENDI VITÓRIA

Maior evento de distribuição de energia da América Latina atrai 3,5 mil participantes e discute desafios e o futuro do segmento

## CUBÍCULO BLINDADO MODULAR COM ISOLAÇÃO MISTA EM SF6

- Tensão nominal 17,5kV, 24kV e 36kV;
- Corrente nominal 630A;
- Conforme NBR IEC 62271-200;
- Modularidade, tamanho reduzido; facilidade e segurança operacional.

### Linha Microcompact®



## CUBÍCULO BLINDADO MODULAR COM ISOLAÇÃO INTEGRAL EM SF6

- Tensão nominal de 24kV e 36kV;
- Corrente nominal 630A;
- Classificação de arco interno: IAC A FLR 20kA/1s;
- Conforme NBR IEC 62271-200;
- Modularidade, tamanho reduzido, facilidade e segurança operacional.

### Linha RMU - Ring Main Unit®



## Skid EcoSolar®

Skid EcoSolar totalmente customizável. Modelos de 17,5kV, 24kV e 36kV, desde 500kVA até 7,2MVA, adequados para GD - geração distribuída ou GC-geração concentrada para sua usina fotovoltaica.



Todos os produtos GIMI são preparados para acompanhamento em tempo real com o **SENSOR DE MONITORAMENTO SMART GIMI.**



## Cabine primária padrão concessionária

Cabine primária para conexão do seu parque solar ao sistema da concessionária, conectando a energia gerada em 15kV, 24kV e 36kV, com isolamento a ar, mista ou integral em SF6, homologadas em todas as concessionárias do Brasil.



## Cubículo blindado modular classe 17,5kV/16kA

Cubículo classe 17,5kV/16kA compacto com unidade normalizada de média tensão para distribuição elétrica secundária de uso público, privado e industrial, de uso ao tempo ou abrigado.

Ela é caracterizada por interruptores seccionadores de manobra isoladas a ar, assim como seus barramentos e sua referência normativa é a NBR-IEC-62271-200.

**New Piccolo®**



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

**Nottabile®**



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

**Maggiore®**



Parceiro autorizado ABB

**Painel de distribuição em baixa tensão até 6300A, 120kA/1s, e grau de proteção até IP-65. Certificado Icc até 120kA ensaiado para abalo sísmico.**

**System Pro E Power®**



Soluções em Energia  
DESDE 1971  
UMA EMPRESA DO  
GRUPO GIMI



## Barramento Blindado de Baixa Tensão BX-E

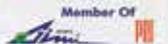
Linhas elétricas pré-fabricadas com capacidade de 320A a 6300A 3P+N+PE adequadas para o transporte e distribuição de energia elétrica em seções verticais e horizontais de quaisquer configurações.



## Barramento Blindado de Média Tensão

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



**GIMI POGLIANO BLINDOSBARRA**  
BARRAMENTOS BLINDADOS  
Member Of  




# As mudanças climáticas e a energia

As fortes mudanças climáticas que atingem o planeta, resultado do desmatamento desenfreado e da emissão desastrosa de gases de efeito estufa pelas principais economias globais não são mais uma ameaça para o futuro, mas sim para o presente. Os impactos já são sentidos em todo o mundo, com eventos extremos como secas severas, inundações, derretimento acelerado das calotas polares, aumento da temperatura e do nível dos oceanos, calor elevado em diversos países, inclusive no Brasil, onde, de acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), nos últimos 30 anos, a média de dias em que o território brasileiro registrou ondas de calor aumentou de 7 para 53.

Além de oferecer riscos à saúde e à sobrevivência humana, essas alterações climáticas também resultam em grandes prejuízos ao planeta, com perda de biomas e espécies imprescindíveis para a manutenção do equilíbrio ecológico, prejudicando, inclusive, a produção de alimentos, com perda de lavouras e grandes plantações em todo o mundo, seja pela seca extrema, por inundações ou congelamento das plantações. Todas essas situações já são claramente perceptíveis no Brasil, de norte a sul do país, inclusive com a ocorrência do fenômeno de desertificação, que já atinge mais de 1.400 municípios, dos nove estados que compõem o Nordeste.

Os impactos atingem também uma área estratégica para o país: o setor elétrico. Com uma matriz elétrica ancorada na geração de energia pelas hidrelétricas, fenômenos de seca rigorosa, como os que afetam o Rio Amazonas, em Manaus, impactam diretamente na produção de energia do país. Enquanto a seca reduz a capacidade de produção de energia via hidrelétricas, a onda de calor provoca um aumento substancial na demanda de energia pelos brasileiros, que, para mitigar as altas temperaturas que assolam o país, usam e abusam de aparelhos de ar-condicionado e ventiladores.

Com isso, o consumo de energia vem atingindo recordes históricos, ultrapassando, pela primeira vez, a marca de 100.000 MW (megawatts). De acordo com o ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico), às 14h17 do dia 13 de novembro de 2023, a demanda instantânea de carga do SIN (Sistema Interligado Nacional) atingiu o patamar de 100.955 MW. A marca anterior era de 97.659 MW, medida em 26 de setembro deste ano.

Todo este cenário coloca à prova a resiliência do sistema elétrico brasileiro, fazendo com que o tema se mantenha entre as prioridades do país, seja por parte do setor produtivo, governamental ou ambiental. Em outras palavras, para que o país continue trilhando caminhos de prosperidade e sustentabilidade, em todos os setores econômicos, é imperativo que o fortalecimento e a expansão do setor elétrico, com toda a sua cadeia produtiva e coexistência das diversas fontes, estejam no centro do planejamento estratégico do Brasil.

Boa leitura!

*Edmilson Freitas*

edmilson@atitudeeditorial.com.br



Veja também  
este conteúdo  
em vídeo.

Acompanhe  
nossas  
novidades pelas  
redes sociais:



@osetoreletrico



Revista O Setor Elétrico



Revista O Setor Elétrico



Revista O Setor Elétrico



Atitude.editorial  
atitude@atituedeeditorial.com.br

#### Diretores

Adolfo Vaiser  
Simone Vaiser

#### Assistente de circulação, pesquisa e eventos

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

#### Administração

Roberta Nayumi  
administrativo@atituedeeditorial.com.br

#### Editor

Edmilson Freitas  
edmilson@atituedeeditorial.com.br

#### Reportagem

Fernanda Pacheco - fernanda@atituedeeditorial.com.br

#### Publicidade

Diretor comercial  
Adolfo Vaiser

#### Contato publicitário

Willyan Santiago - willyan@atituedeeditorial.com.br

#### Direção de arte e produção

Leonardo Piva - atitude@leonardopiva.com.br

#### Colaboradores desta edição

Paulo Edmundo da F. Freire, João Carlos Mello, Cláudio Mardegan, Nunziante Graziano, Luciano Rosito, Aguinaldo Bizzo, Caio Cezar Neiva Huais, José Starosta, Daniel Bento, Roberval Bulgarelli, Frederico Boschini, Luiz Catelani, Ana Carolina Ferreira da Silva, Lindemberg Reis, Jurandir Picanço, Flávia Consoni, Gustavo Rodrigues dos Santos, Nelson Clodoaldo de Jesus, Jéthero Mendes Machado, João Roberto Cogo, Willian Souza de Jesus, Thiago Pereira Franco, Ricardo Roscoe, Danilo Souza, Márcio Almeida, Luís Viga e Lilian Ferreira.

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 | kynny

Impressão - Referência Editora e Gráfica

Distribuição - Correios

Atitude Editorial Publicações Técnicas Ltda.

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

Filiada à

**anatec**



### 35 Suplemento Renováveis

Com o título "O Brasil no mercado de hidrogênio verde", o texto de autoria do engenheiro mecânico e electricista e presidente da Câmara Setorial de Energias Renováveis do Ceará – CSRenováveis/CE, Jurandir Picanço, e do engenheiro civil Luís Viga, presidente do Conselho da Associação Brasileira da Indústria de Hidrogênio, o oitavo e último capítulo desta série trata sobre as condições excepcionais que o Brasil possui para produção de hidrogênio verde de menor custo, condição que, se bem explorada, colocará o país em situação ainda mais vantajosa em relação aos demais países do mundo no quesito matriz elétrica renovável. Não perca!

### 4 Editorial

As mudanças climáticas e a energia

### 6 Eventos

CINASE Sul – Curitiba/PR

14 GRUPO INTELLI celebra 50 Anos de história e projeta expansão ainda maior dos negócios

### 16 Painel de Notícias

Paratec: proteção contra raios em tempos cada vez mais complexos / MSE Engenharia marca presença no Symposium Mundial Nuclear 23, em Londres / B.E.G. celebra abertura oficial de sua filial no Brasil e apresenta inovações em automação de edifícios e sistemas de iluminação / Sendi 2023: Maior evento de distribuição de energia da América Latina recebe mais de 3,5 mil participantes / Sendi 2023: Maior evento de distribuição de energia da América Latina recebe mais de 3,5 mil participantes

### 21 Fascículos

Mobilidade elétrica – desafios e oportunidades  
Avaliação de energia incidente  
Modernização da distribuição

### 44 Conexão Regulatória

Por Frederico Boschini - Baterias: a salvação das renováveis?

### 48 Artigo Técnico

Por Ricardo Roscoe - Sistemas de Gerenciamento Inteligente de Ativos

### 52 Reportagem

Autoprodução de energia: indústrias brasileiras abraçam a sustentabilidade para alavancar seus negócios

### 56 Espaço Aterramento

O Ensaio de Resistividade Mínima de uma Amostra de Solo

### 58 Espaço SBQEE

Análise dos Impactos Associados às Ocorrências de Variações de Tensão de Curta Duração na Operação de uma Planta Industrial de Papel e Celulose

### 60 Espaço Cigre-Brasil

SNPTEE: o palco dos grandes debates do setor eletroenergético brasileiro

### Colunas

- 61 Daniel Bento – Redes Subterrâneas em Foco
- 62 Cláudio Mardegan – Análise de Sistemas Elétricos
- 63 Nunziante Graziano – Quadros e Painéis
- 64 Danilo de Souza – Energia, Ambiente & Sociedade
- 66 Luciano Rosito – Iluminação Pública
- 67 Aguinaldo Bizzo – Segurança do Trabalho
- 68 Caio Cezar Neiva Huais – Manutenção 4.0
- 70 José Starosta – Energia com Qualidade
- 72 Roberval Bulgarelli – Instalações EX



# CINASE

Congresso & Exposição

CIRCUITO NACIONAL DO SETOR ELÉTRICO

Por Edmilson Freitas



**Em grande expansão, indústria elétrica da Região Sul está cada vez mais competitiva e tecnológica**

Com a participação dos grandes players do setor elétrico, Curitiba recebeu, entre os dias 4 e 5 de outubro, a última edição do CINASE de 2023

Com a participação de mais de cinco mil pessoas, nas quatro edições realizadas ao longo do ano, a última edição de 2023 do Circuito Nacional do Setor Elétrico - CINASE Região Sul, foi realizada em Curitiba/PR, entre os dias 4 e 5 de outubro. Assim como nas demais edições, o evento, composto por congresso e feira de exposição, reuniu especialistas renomados do universo das instalações elétricas, provedores de tecnologia e de profissionais, dirigentes de empresas e instituições do setor elétrico sediadas no estado do Paraná e região.

Ao longo dos dois dias, foram debatidos temas que estão na agenda dos principais players do setor elétrico, como geração distribuída (GD), ESG, hidrogênio verde (H2V), energias renováveis, mercado livre de energia, transição energética, infraestrutura de redes elétricas, redes subterrâneas de energia, eficiência energética, indústria 4.0, dentre outras pautas e discussões técnicas.

Parceira do CINASE no estado, a Copel Distribuição esteve presente por meio de vários dos seus executivos, que participaram dos debates realizados no auditório do evento. No painel de abertura, o diretor da empresa, Maximiliano Andres Orfali, destacou os investimentos da distribuidora no programa Rede Elétrica Inteligente (REI). Sem custo para o consumidor, a nova tecnologia reduz o tempo de desligamento provocado por intempéries e outros fatores externos. Isso porque, quando ocorrem quedas de energia, o medidor inteligente avisa imediatamente a distribuidora. Além disso, o consumidor ainda pode monitorar o seu consumo, por meio de um aplicativo

de celular.

“Trata-se do maior projeto em andamento de automatização de medidores da América Latina. Na primeira fase, já temos 525 mil medidores conectados ao sistema, com previsão de chegarmos em fevereiro de 2025 com mais de 1,6 milhão de medidores instalados no Paraná. O grande diferencial desse sistema é que os medidores inteligentes estão conectados diretamente ao centro de controle da Copel, onde é possível reconhecer em tempo real a situação da unidade consumidora. É um sistema realmente moderno, é o que a gente tem de melhor no mundo”, destacou Maximiliano. O superintendente da Copel, Júlio Shigeaki Omori, também esteve no local, onde falou sobre eletrificação das coisas e as tendências do mercado de energia.

Energia solar – Para falar sobre o mercado de energia solar fotovoltaica foi escalado um time de especialistas de peso, que abordou todos os desafios e vantagens dessa modalidade de geração distribuída. Para o professor e pesquisador da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Gerson Tiepolo, o crescimento estrondoso da modalidade nas últimas duas décadas, por si só, já demonstra a viabilidade e a importância da energia solar na matriz elétrica global. “Há 20 anos a capacidade de geração de energia solar mundial era em torno de 2 GW a 4 GW, sendo 50% de sistemas isolados, e outros 50% de sistemas interligados à rede. No ano passado, nós fechamos com 1,85 terawatts (TW) de capacidade instalada mundial, sendo 99,8% de sistemas conectados à rede”, destaca.





Presente no debate, o gerente de GD da Copel, Adriano Prado de Souza, afirmou que a energia solar representa mais de 90% do mercado da geração distribuída no Paraná. “Hoje a geração fotovoltaica se confunde um pouco com o mercado de GD. Em 2021, só de minigeração distribuída, que vai de 75 kW a 3 MW, foram registrados 1.593 pedidos de conexão no estado. Em 2022, saltou para 3.343 pedidos, um crescimento de mais de 50%. Em 2023, esse número demonstra uma redução, no entanto, até setembro, já foram 1.714 pedidos, ou seja, já ultrapassamos 2021. Acreditamos que realmente é um mercado em franco crescimento, e neste sentido, a concessionária não pode e não será uma impedância para essa expansão”, destacou, que ressaltou ainda os desafios enfrentados pelas distribuidoras acerca do tema. O painel, que foi moderado pelo professor e engenheiro eletricitista Danilo de Souza (UFMT), contou ainda com a participação dos professores Jair Urbanetz (UTFPR) e Janio Denis Gabriel (PUC-PR), e da especialista no tema Liciany Ribeiro, da Ribeiro Solar.

Outro debate de destaque no CINASE Curitiba foi sobre a adoção de diretrizes de ESG no mercado de engenharia elétrica nacional. Embora o tema seja amplo, pequenas atitudes voltadas à reciclagem e ao uso racional dos recursos naturais, podem fazer a diferença para o planeta,



como ressaltou o diretor da Reymaster Materiais Elétricos, Marco Stoppa.

“Muitas empresas acham o assunto muito complexo, mas na verdade, para se chegar a estes objetivos, medidas simples podem ser implementadas. Por exemplo, na área ambiental, na Reymaster, temos projetos de descarte correto de lâmpadas, pilhas e baterias, redução de consumo de energia e água, reaproveitamento de água da chuva, separação de resíduos, substituição de toalhas de papel por secadores elétricos de mão, substituição do copo plástico por canecas. Isso promove uma mudança cultural no ambiente corporativo”, destacou o gestor, que mencionou ainda outras iniciativas da

empresa correspondentes às demais áreas relacionadas ao tema ESG.

**Negócios e networking** – Com 30 estandes das principais marcas de produtos e serviços do universo da engenharia elétrica nacional e do Paraná, a área de exposição do CINASE Curitiba contou com mais de três mil metros quadrados, abrigando o showroom de grandes marcas como: Neocable, Reymaster, Varixx, Weco, Engerey, Grupo Gimi, ABB, Boreal Fios e Cabos, Brval Electrical, Chint, Clamper, Embrastec, Frontec, Hellermann Tyton, Itaipu Transformadores, Kraus & Naimer, Minuzzi, Mitsubishi Electric, Pextron, Proauto, Romagnole, Schneider Electric, Siemens, Sil Fios e Cabos, Soprano, Trael

Transformadores, Tramontina Eletrik, Transfor “V” by LubraOil, WEG e Wöhner.

“Como uma empresa de tecnologia, a Siemens tem muito orgulho de participar deste evento tão rico. Na Região Sul, eu sou responsável pelo atendimento nas áreas de geração, transmissão e distribuição da Siemens, e o que percebemos aqui foi a presença maciça dos nossos principais clientes, como a Celesc e a Copel, além dos integradores e das empresas que realmente trabalham no segmento elétrico, não só do Paraná, como também nos demais estados da Região”, afirmou Patrícia Franco, gerente regional de contas da Siemens.

Para além da feira, a executiva destacou a relevância dos debates conduzidos por especialistas no congresso do evento. “O CINASE Curitiba abordou todo o universo do setor elétrico, que se mostra muito conectado com as modernizações, com a IoT, Indústria 4.0 e com a digitalização. Isso está muito em linha com a Siemens e também com Curitiba, que é a cidade mais tecnológica da América Latina”, acrescentou Patrícia.

Participando pela primeira vez do CINASE, o gerente comercial da LubraOil, Francisco Silva, que trouxe para o seu estande a marca TransforV, que produz lubrificantes para transformadores, chamou atenção para a qualificação do público ao



longo dos dois dias. “A experiência foi tão boa, que já estamos confirmados para as próximas quatro edições de 2024. O networking foi fantástico, as pessoas que vieram ao estande são aquelas realmente interessadas nos nossos produtos e isso é importantíssimo para a expansão dos negócios da empresa”, explica.

“Do ponto de vista de marketing e de vendas, para a Itaipu Transformadores, o Cinase foi uma decisão muito acertada. Com um público altamente qualificado, a gente consegue fazer excelentes contatos e networking com outros fabricantes. O setor elétrico se torna mais dinâmico e mais produtivo quando a gente fica todos juntos. Além disso, os temas discutidos são muitos pertinentes, especialmente pelo momento que o segmento passa, de atualização de normas, novas tendências e novas demandas. Então, trazer profissionais de renome para explorar todo este universo é fundamental para o desenvolvimento do nosso mercado”, destaca Alexandre Lopes, gerente comercial da Itaipu Transformadores.

Parceiros cativos do CINASE, a Schneider Electric levou ao evento todo o seu portfólio e também ofereceu aos visitantes um passeio virtual interativo, com apresentação de produtos, manuseio e visita às instalações da empresa nos Estados Unidos. “O CINASE Curitiba foi um sucesso. É um espaço que proporciona uma troca bem democrática, trazendo diversos perfis para prestigiar o evento. Tivemos a oportunidade de conversar com muita gente do mercado e somar conhecimentos com especialistas de várias áreas. O CINASE é uma excelente oportunidade de fomento para o setor elétrico nacional”, avalia o gerente de marketing da Schneider, Fábio Kawamuro.

Além de Curitiba, em 2023, O Grupo O Setor Elétrico realizou edições do CINASE no Rio de Janeiro/RJ, Belém/PA e Fortaleza /CE. Para o próximo ano, estão previstas edições em Porto Alegre/RS, Recife/PE, Vitória/ES e Brasília/DF.





Fale Conosco



# DPS



**Dispositivo de Proteção contra Surtos Elétricos**



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



## Premiação e reconhecimento

Com o objetivo reconhecer e dar visibilidade a projetos e iniciativas que apresentam soluções inovadoras para o setor elétrico brasileiro, O Grupo O Setor Elétrico realiza, durante as edições do CINASE, o Prêmio O Setor Elétrico.

Confira a seguir os vencedores dos projetos inscritos nas cinco categorias da edição de Curitiba:

### INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

Carregador inteligente para veículos elétricos / PUCPR - Proponente: Janio Denis Gabriel

### INSTALAÇÕES ELÉTRICAS INDUSTRIAIS E COMERCIAIS

Galeria Laguna / Construtora Laguna - Proponente: Robson Elias Armstrong Vieira

### PROJETO LUMINOTÉCNICO

Casa Hera / Luval Lighting Design - Proponente: Renata Catânio

### ENERGIAS RENOVÁVEIS

Instalação de um sistema fotovoltaico na empresa La Violetera / Universidade Positivo - Proponente: Jackson Milano



### PESQUISA & DESENVOLVIMENTO

Eletrovia com Carregadores Rápidos entre Paranaguá e Foz do Iguaçu - Copel / Lactec / Aneel

Proponente: Alã Caio Marques da Silva e Rodrigo Braun dos Santos.

## Homenagens

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

### JULIO SHIGEAKI OMORI

É engenheiro eletricista pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná- UTFPR. Especialista em automação de processos industriais. Possui MBA em Gestão Empresarial. MBA em Inovação, Liderança e Gestão 4.0. Mestre em Engenharia Elétrica e Informática Industrial. Atualmente, é superintendente de Smart Grid e Projetos Especiais da COPEL Distribuição, professor dos cursos de engenharia elétrica e energia da Universidade Positivo, coordenador do grupo de trabalho Mobilidade Elétrica da Comissão de Integração Energética Regional (CIER) e coordenador grupo de trabalho de P&D da ABRADEE.



### CLAUDE FRANCK LOEWENTHAL

É graduado em engenharia elétrica pela UFPR, Ciências Econômicas pela Faculdade de Ciências Econômicas do Paraná. Atualmente, é conselheiro do Instituto de Engenharia do Paraná. Integra o Comitê de Resolução de Disputas (Dispute Resolution Boards) para Obras de Engenharia. Ex-presidente e atual membro do Instituto e Câmara de Mediação Aplicada. É Mediador e Árbitro da Câmara de Mediação e Arbitragem do Paraná. Presidente da Associação Paranaense de Engenheiros Eletricistas e conselheiro Fiscal. Ex-conselheiro do CREA-PR e coordenador nacional das Câmaras de Especialização de Engenharia Elétrica. Conselheiro Suplente do Conselho Fiscal do IEP.



### LOURIVAL LIPPMANN JUNIOR

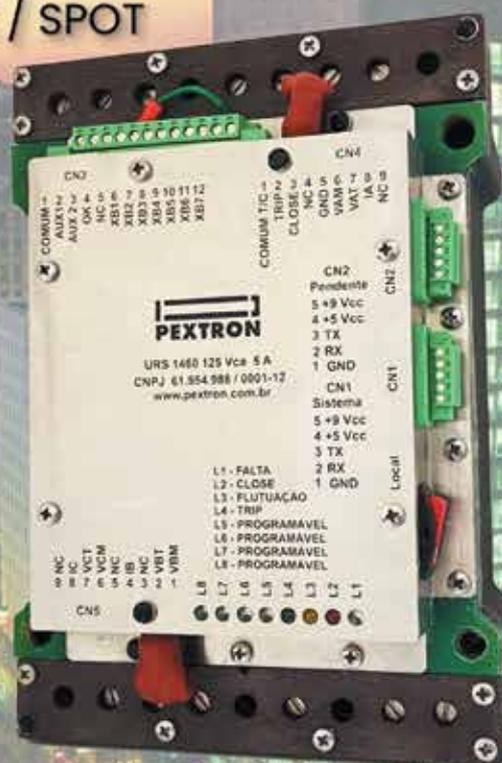
É graduado em engenharia eletrônica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Possui mestrado em Automação Industrial pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná e Técnico em Eletrônica pelo CEFET-PR. Atuou por mais de 20 anos como professor de engenharia nas instituições UTFPR e PUC-PR. Atuou por 5 anos na indústria eletro-eletrônica na ITAUTEC e na SCHAUSE SA. Atualmente é pesquisador, atuando há mais de 36 anos em projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação para o setor elétrico no Instituto de Tecnologia Para o Desenvolvimento – LACTEC.



# REDES SUBTERRÂNEAS

RELÉS MULTIFUNÇÃO  
PARA A PROTEÇÃO DE  
SISTEMAS NETWORK / SPOT

Produto homologado pela CEMIG, em conjunto com os protetores EATON.



RELE DE PROTETOR DE RETICULADO  
TIPO: URS 1460-8  
TENSÃO NOMINAL: 125 Vca  
CORRENTE NOMINAL: 5 A  
FREQUÊNCIA: 60HZ  
PESO: 3,4 KG

CN1	CN2	CN4	CN5
Sistema/Scada	Pendente	1 COMUM	1 TRIP
1 GND	1 GND	2 AUX1	2 CLOSE
2 RX	2 RX	3 AUX2	3 COMUM T/C
3 TX	3 TX	4 OK	4 GND
4 +5 Vcc	4 +5 Vcc	5 NC	5 VAM
5 +8 Vcc	5 +8 Vcc	6 XB1	6 VCM
		7 XB2	7 VBM
		8 XB3	8 NC
		9 XB4	9 IA
		10 XB5	10 IC
		11 XB6	11 IB
		12 XB7	12 COMUM

CNPJ 41.954.988 / 0001-12  
www.pextron.com.br

L1 - FALTA  
L2 - CLOSE  
L3 - FLUTUAÇÃO  
L4 - TRIP  
L5 - PROGRAMAVEL  
L6 - PROGRAMAVEL  
L7 - PROGRAMAVEL  
L8 - PROGRAMAVEL

L1 - FALTA  
L2 - CLOSE  
L3 - FLUTUAÇÃO  
L4 - TRIP  
L5 - SCADA  
L6 - RX SCADA  
L7 - TX PENDENTE  
L8 - LOCAL



**URS 1460-8**  
PROTECTOR GE MG8

**URS 1460-22C**  
**URS 1460-52C**  
**URS 1460-MDC**

PROTETORES  
EATON /  
WESTINGHOUSE  
CM22 / CM52 / CMD

## SOFTWARE APLICATIVO



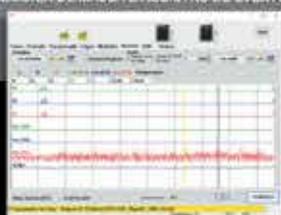
PARAMETRIZAÇÃO AMIGAVEL  
LÓGICA PROGRAMAVEL



COMUNICAÇÃO SERIAL  
MEMÓRIA DE MASSA E REGISTRO DE EVENTOS



MONITORAMENTO  
LEITURA/GRAVAÇÃO DE PENDENTE



Funções ANSI:  
32 / 47 / 59 / 60 / 62 /  
52BF / 62BF / 95

- lógica anti-pumping
- lógica por malha morta
- lógicas programáveis

**PEXTRON**®

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



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



# GRUPO INTELLI celebra 50 Anos de história e projeta expansão ainda maior dos negócios

**“Pode parecer clichê, mas não desligar o ‘modo crise’ significa não cair na armadilha de achar que o sucesso será duradouro, independentemente do esforço que se faça”, afirma o diretor de Operações da empresa**

Em 1973, um projeto audacioso do jovem engenheiro italiano Vincenzo Antonio Spedicato começava a ganhar forma. Tratava-se de uma pequena fábrica de terminais e conectores elétricos, a INTELLI - Indústria de Terminais Elétricos, construída em solo brasileiro, mais precisamente no interior do estado de São Paulo. Com o passar das décadas, o que começou como uma simples ideia se transformou no GRUPO INTELLI, uma potência no setor elétrico nacional e internacional.

Neste ano, a companhia está celebrando cinco décadas de crescimento, destacando-se como líder nacional em hastes de aterramento, terminais elétricos e conectores, além de ser um importante player no ramo de condutores de alumínio e ser reconhecida mundialmente como referência em condutores bimetálicos. Com um quadro de aproximadamente 1.500 funcionários, a empresa opera em seis plantas distribuídas em três cidades diferentes: Orlandia (SP), Campinas (SP) e Três Lagoas (MS), e exporta seus produtos para mais de 80 países.

## Expansão

O empreendedorismo visionário de Vincenzo Spedicato foi o motor dessa jornada de sucesso. Vindo da Itália para o Brasil aos 21 anos de idade, o jovem trouxe consigo uma paixão pela inovação e uma visão audaciosa para o futuro. Inicialmente, a INTELLI focou na fabricação de terminais elétricos, preenchendo uma lacuna no mercado nacional. A empresa, então, expandiu seu escopo para incluir conectores estampados e fundidos durante a década de 80, seguidos pela produção de hastes de aterramento na metade da mesma década.

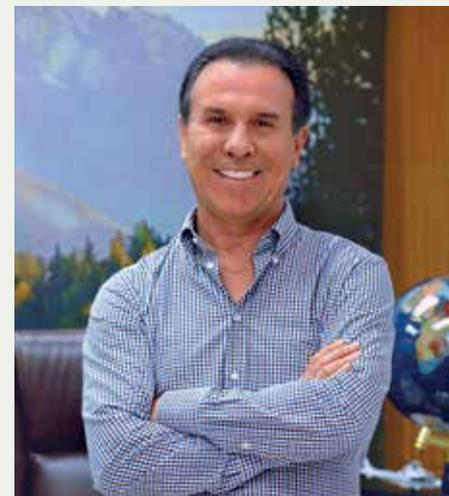
Mas foi em 1994 que a INTELLI experimentou uma virada significativa. Naquele ano, a companhia adquiriu a COPPERSTEEL Bimetálicos LTDA, dando origem ao GRUPO INTELLI e iniciando a produção de condutores bimetálicos. Esse passo estratégico solidificou ainda mais sua posição como uma potência global no campo dos materiais elétricos.

Na visão de Lorenzo Spedicato, diretor

de Operações do GRUPO INTELLI, o sucesso alcançado em 2023 é fruto de uma jornada contínua em busca de inovação, combinada com a preservação cuidadosa dos valores fundamentais que definem a identidade da empresa. “Fazer 50 anos representa, sobretudo, uma amostra da nossa competência, da nossa resiliência e da nossa capacidade de reinvenção. Também



**Lorenzo Spedicato, diretor de Operações do GRUPO INTELLI.**



**O diretor-presidente do GRUPO INTELLI, Vincenzo Spedicato.**

é muito significativo do ponto de vista de realização pessoal do nosso fundador, Vincenzo Spedicato, que continua à frente do grupo como presidente, mais atuante do que nunca. É muito bonito ver esse legado sendo transmitido”, declara.

## Os desafios da diversificação

Para o executivo, é fundamental citar também o que considera ser “o outro lado bonito” do Grupo. “De Norte a Sul do Brasil, em todos os estados, em todas as cidades, haverá uma lojinha de materiais elétricos com produtos da INTELLI. Temos uma cadeia logística muito grande Brasil a fora, e uma diversificação de produtos muito grande”, destaca. Atualmente, a empresa possui um portfólio que conta com mais de dez mil itens.

Apesar do sucesso inegável, Spedicato revela que produzir tamanha variedade de equipamentos não é tarefa simples, em vários aspectos. “Brinco que jogamos várias partidas de xadrez ao mesmo tempo com a nossa concorrência. Em nossa linha de terminais, concorremos com empresas que fabricam apenas terminais; na linha de conectores, concorremos com empresas que fazem só conectores; na linha de cabos, é o mesmo cenário. Por isso, essa diversificação traz vantagens, como conseguir atravessar crises de demandas e de mercado, mas também é um desafio, pois não podemos nos acomodar enquanto os concorrentes, especializados em fazer um só tipo de produto, estão o dia inteiro pensando em como irão nos derrubar e ganhar o nosso mercado.”

O diretor de Operações ressalta que uma das estratégias fundamentais adotadas

pelo Grupo para enfrentar desafios como este é manter-se constantemente vigilante, sem desativar o 'modo crise' ao tomar decisões. “Pode parecer clichê, mas não desligar o 'modo crise' significa não cair na armadilha de achar que o sucesso será duradouro, independentemente do esforço que se faça”, afirma.

## Apoio às concessionárias

O GRUPO INTELLI também se destaca por sua dedicação às concessionárias de energia, contando com uma equipe especializada exclusivamente dedicada a esse setor. “Estamos presentes hoje em todas as concessionárias de energia elétrica do Brasil, do extremo sul ao extremo norte, participando ativamente do desenvolvimento de suas normas técnicas internas”, enfatiza o gestor.

“Infelizmente, percebemos que, ao longo do tempo, as grandes empresas multinacionais – e as concessionárias acabaram fazendo parte dessa realidade – passaram a enxergar o departamento de engenharia como um custo, não como um investimento. Com isso, empresas que antes eram tidas como referência passaram a ter departamentos de engenharia cada vez mais enxutos. Como sempre fizemos questão de ter um departamento de engenharia reforçado, acabamos nos tornando um braço de apoio para as equipes das concessionárias, as quais, apesar de contarem com profissionais muito qualificados, não possuem “braços” suficientes para atacar todas as demandas de desenvolvimento que aparecem”, completa.

## Clube do Eletricista

Ampliando ainda mais o seu protagonismo no mercado, em março deste ano o GRUPO INTELLI lançou o “Clube do Eletricista”, um projeto educacional online e gratuito para profissionais do setor elétrico. O clube oferece palestras, cursos e conteúdos técnicos, com foco especial em aterramento e proteção contra descargas atmosféricas. Ministrados por especialistas de mercado e engenheiros da empresa, a plataforma proporciona atualizações sobre as práticas e inovações do setor.

“Em sete meses de trabalho, já tivemos quase 15 mil inscritos, fora as milhares de pessoas que foram impactadas com impressões nas redes sociais, no YouTube, etc. O início desse projeto foi tão legal e tão bem feito que o sucesso está sendo reconhecido”, celebra Lorenzo Spedicato.

O executivo compartilha também que a iniciativa foi contemplada no Prêmio Limitless RD Station 2023, juntamente com a Mkteúdo Comunicação, agência de consultoria em Marketing Digital, com o 2º lugar na categoria “Melhor Case de Transformação Digital - Clientes atendidos por Agências Parceiras”. “Entre 17 mil projetos inscritos, ficamos entre os cinco finalistas. Isso já atesta a competência e o sucesso inicial do projeto”, finaliza.

## Paratec: proteção contra raios em tempos cada vez mais complexos

**De olho no futuro, empresa intensifica esforços para se manter na vanguarda do setor de proteção contra descargas atmosféricas**

Enquanto nos despedimos de mais um ano, nos preparamos para a chegada de um verão que promete desafiar recordes de temperaturas – criando um ambiente propício a tempestades e raios. Nesse jogo de forças da natureza, a Paratec, uma referência nacional em sistemas de para-raios e acessórios, assume o papel de protagonista, aspirando ser uma verdadeira guardiã diante dos perigos desencadeados por descargas atmosféricas. Mas como lidar com tamanha responsabilidade?

O diretor da companhia, Ricardo Clarassot, revela que a resposta está ancorada em três propriedades essenciais que toda empresa do setor busca alcançar: qualidade, segurança e durabilidade. “Esses são requisitos primordiais para os produtos que compõem um SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas) e, conseqüentemente, são também a base do trabalho que lutamos para manter no dia a dia para que o resultado final seja sempre a alta segurança, pois com a natureza não se brinca”, enfatiza o executivo.

Tal afirmação parece ser mais pertinente do que nunca. Tomemos o exemplo de Goiás: mesmo com o clima desértico, o estado testemunhou um aumento de 163,1% no número de raios que atingiram o solo em 2023. Em apenas 10 meses, conforme levantamento da Equatorial Energia, Goiás registrou quase 10 milhões de descargas elétricas atmosféricas – uma média de nove raios por segundo ou 550 a cada minuto. No ano anterior, o número de fenômenos naturais ficou em 3,8 milhões.

Diante de desafios cada vez mais



complexos como esse, a Paratec intensifica seus esforços para se manter na vanguarda do setor de proteção contra descargas atmosféricas. Ricardo Clarassot atribui o sucesso da empresa à sua missão centrada no crescimento que acompanha mudanças e evoluções, valorizando o atendimento ao cliente como verdadeiras parcerias. “Procuramos levar soluções para os problemas e necessidades dentro do setor, com padrão de qualidade e transparência junto aos clientes. Como trabalhamos com materiais que compõem sistemas que oferecem segurança, trazemos produtos com a melhor qualidade, como indicado na NBR 5419, garantindo a eficácia e durabilidade, e sempre atentos a novas mudanças e necessidades de novos produtos.”

### À espera do amanhã

Olhando para o futuro, a Paratec mantém suas perspectivas de crescimento constante e busca contínua por soluções inovadoras que atendam às demandas do mercado, conforme destaca Clarassot. “Seguimos acompanhando as mudanças e as evoluções, tudo baseado no preceito do aprendizado, organização e tecnologia”.

Com quase 25 anos de história, a atuação da Paratec abrange todo o território nacional, contando com representantes parceiros na maioria dos estados. Além disso, a companhia exporta seus produtos para países como Bolívia, Colômbia, Paraguai e Uruguai, consolidando sua presença também no mercado internacional.

Linha  
**CLAMPER Front**



Confie na **excelência** em proteção  
contra surtos elétricos.  
**Confie na CLAMPER.**

**CONHEÇA NOSSA LINHA COMPLETA**

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



**Proteção** é o nosso negócio!



## MSE Engenharia marca presença no Symposium Mundial Nuclear 23, em Londres

**Evento reuniu líderes e especialistas internacionais, que examinaram as últimas inovações e tendências para o futuro da energia nuclear**

Na última edição do World Nuclear Symposium 23, ocorrida entre os dias 6 e 8 de setembro de 2023, no Park Plaza Westminster Bridge, em Londres, a MSE Engenharia marcou presença ativa, participando das discussões e análises sobre o dinâmico cenário e as perspectivas do setor nuclear global. O evento reuniu líderes e especialistas internacionais, que examinaram as últimas inovações e tendências para o futuro da energia nuclear.

Dener Icky Sugayama, diretor Comercial, e Bruno Leite Viana, diretor de Marketing da MSE Engenharia, estiveram presentes em diversas conferências e debates, o que proporcionou à empresa insights valiosos sobre questões cruciais, como a conquista de objetivos de descarbonização dos usuários finais por meio da energia nuclear, investimentos no setor nuclear e otimização do desempenho das instalações nucleares ao longo de sua vida útil.

O simpósio destacou a urgente necessidade de acessibilidade e continuidade no fornecimento de recursos energéticos em um mundo em constante crescimento, onde a energia limpa e sustentável emergiu como prioridade para garantir a sobrevivência e prosperidade do planeta. O evento enfatizou a contribuição da energia nuclear na matriz energética como uma solução viável para alcançar a confiabilidade 24/7 e a neutralidade de carbono.

Com projetos estratégicos desenvolvidos para a INB (Indústrias Nucleares do Brasil), a MSE Engenharia demonstrou estar alinhada com as tendências do setor, priorizando a energia limpa e a descarbonização. O comprometimento de empresários, governos e líderes do setor em busca de melhorias ambientais foi evidente nas discussões do simpósio.



**Bruno Leite Viana, diretor de Marketing.**



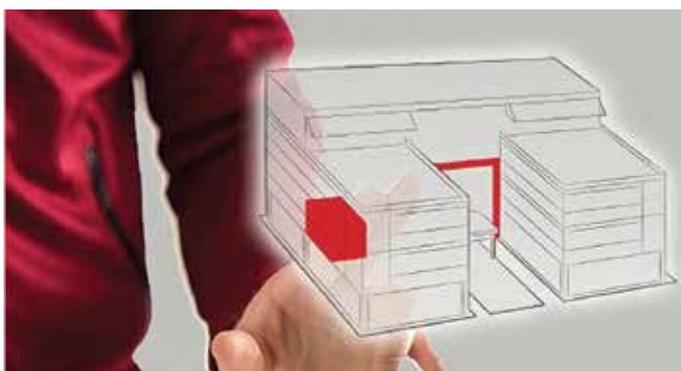
**Dener Icky Sugayama, diretor Comercial.**

“Eventos como o World Nuclear Symposium transcendem o simples estabelecimento de negócios e parcerias. Eles servem como um ambiente dinâmico para a troca de experiências, compartilhamento de conhecimentos e formulação de visões para o futuro. A participação da MSE Engenharia neste evento permitiu uma imersão profunda

no setor nuclear e uma conexão com mentes inovadoras que estão liderando as mudanças. A MSE Engenharia está em constante evolução, alinhando-se com os temas mais importantes do mundo e buscando ativamente novas tecnologias e soluções para contribuir com o crescimento e o desenvolvimento sustentável global”, destacou a companhia.

## B.E.G. celebra abertura oficial de sua filial no Brasil e apresenta inovações em automação de edifícios e sistemas de iluminação

Com sede na Alemanha e presença internacional, empresa oferece alternativas sustentáveis para otimizar o uso de energia em diversos ambientes



Nos dias 21 e 22 de novembro, a B.E.G, líder global em automação de edifícios e sistemas de gerenciamento de iluminação, celebrou a inauguração bem-sucedida de sua filial e escritório no Brasil. O evento ocorreu na AHK – Câmara Brasil Alemanha de São Paulo, na capital paulista.

Dividida em quatro sessões ao longo dos dois dias, a cerimônia marcou um passo significativo para a empresa. No encontro, clientes, parceiros e profissionais da indústria tiveram a oportunidade de explorar de perto as soluções avançadas da B.E.G através de atividades que incluíram demonstrações interativas, informações detalhadas sobre produtos e recursos, além de interações com a equipe de especialistas internacionais da companhia.

O diretor da B.E.G no Brasil, Luciano Rosito, referência no mercado brasileiro de iluminação, expressou a importância da abertura do escritório no país, enfatizando o compromisso da empresa em fornecer soluções sustentáveis e inovadoras para o mercado brasileiro, além de reforçar a posição de liderança que a B.E.G detém na Europa. O evento de inauguração contou também com a presença do convidado especial Miguel Soares, engenheiro e especialista em automação e eletrônica industrial, que compartilhou alguns insights sobre as últimas tendências e inovações do setor.

### Sobre a B.E.G

A B.E.G. é uma empresa global focada no desenvolvimento de soluções para a automação de edifícios e gerenciamento de iluminação. Com sede na Alemanha e presença internacional, a empresa oferece alternativas sustentáveis para otimizar o uso de energia em diversos ambientes, de edifícios comerciais a residências.

## Substitua 18 SKUs por apenas 1

e aumente a eficiência da sua operação.

Conheça o  
**CONEX 4S**  
Conector perfurante de 4 derivações para redes de distribuição



- Reduz em **83%** o tempo de instalação
- Reduz em **54%** o custo de operação
- Aumento de **55%** na produtividade

**Incesa**  
COMPONENTES ELÉTRICOS

**0800 770 3228**

SOLICITE A APRESENTAÇÃO TÉCNICA  
[www.incesa.com.br](http://www.incesa.com.br)

## Sendi 2023: maior evento de distribuição de energia da América Latina atrai 3,5 mil participantes e discute desafios e o futuro do segmento

Com a participação de mais de 3,5 mil pessoas, vindas de nove países e de 24 estados e do Distrito Federal, o XXIV Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica (Sendi) 2023, que ocorreu entre os dias 7 a 10 de novembro, debateu os rumos e os desafios do segmento de distribuição e energia no país. Transição energética, Inovação e sustentabilidade foram os principais temas abordados durante o evento, que ocupou uma área de 20 mil metros quadrados, no Pavilhão de Carapina, na Serra (ES);

Para o presidente da EDP, João Marques da Cruz, empresa anfitriã do Sendi 2023, a liderança do Espírito Santo na transição energética foi um diferencial para a realização do evento na capital do estado. “Conseguimos construir um evento grandioso em números, mas, para além dos números, o Sendi é um

espaço para debate dos assuntos mais importantes e desafios do nosso setor. Nós entendemos que era a nossa vez, como EDP, de receber este evento e escolhemos o Espírito Santo por diversas razões, especialmente por ser um estado líder na transição energética”, ressaltou o presidente.

A participar da abertura do evento, Marcos Madureira, presidente da Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (Abradee), responsável pela realização do evento, destacou a importância da qualidade da energia no Brasil e os benefícios que ela traz para a sociedade. “Hoje, em 99,98% das horas do ano, a população brasileira tem acesso à energia elétrica. Isso é fruto de esforço contínuo do setor. No ano passado, foram investidos R\$ 31 bilhões para que pudéssemos ter uma qualidade cada vez melhor”. Ele afirmou ainda que a Abradee

desempenha um papel importante na sociedade, buscando em todos os debates possíveis ficar junto dos consumidores para encontrar uma tarifa cada vez mais justa.

**ExpoSendi** - A tecnologia é uma das grandes aliadas do setor elétrico em busca de inovação para uma gestão mais inteligente de negócios e para melhorar resultados dentro das empresas. Por isso, ela foi destaque em diversos estandes da ExpoSendi 2023. Entre as soluções apresentadas pelos mais de 150 expositores, estavam robôs de atendimento, treinamento de eletricitistas com realidade virtual e diversas ferramentas para digitalização do setor elétrico.

A próxima edição do Sendi será em Belo Horizonte (MG), em 2025, tendo como empresa anfitriã a Cemig e realização da Abradee.

## KIT GERADOR PARA USINAS

Soluções completas para usinas fotovoltaicas em projetos acima de 1MWp



## 22 Mobilidade Elétrica

É notável a necessidade de setores, como o Setor Elétrico, industrial e econômico de encontrarem soluções em desenvolvimento voltadas à tecnologia, ciência de dados e sustentabilidade, de modo que os próximos séculos sejam conduzidos em uma economia de baixas emissões de carbono. Parte fundamental deste novo planejamento, a mobilidade elétrica é também tema deste fascículo, coordenado pela professora dra. Flávia Consoni, do Laboratório de Estudos do Veículo Elétrico (LEVE/Unicamp), que traz nesta edição:



### Capítulo VIII

**Frotas públicas de veículos elétricos leves: lições aprendidas com a experiência da Guarda Civil**

**Municipal da Cidade de São José dos Campos**

**Por Márcio Almeida e Flávia L. Consoni**

- Introdução
- Descrição do Caso
- Implantação – Características da atividade e principais barreiras
- Operação – usos e percepções dos operadores da frota e usuários
- Economia estimada com a substituição da energia para tração
- Lições aprendidas
- Discussões e Conclusões

## 28 Cálculo de energia Incidente

O estudo de energia incidente tem sido cada vez mais necessário para as instalações elétricas, à medida em que se avançam as normas técnicas e de segurança. As medidas de controle começam na concepção do projeto de uma instalação, durante reformas ou atualizações, e, sobretudo, nas instalações já existentes. Para falar deste assunto com propriedade, o engenheiro eletricista Luiz Carlos Catelani, aborda o tema da “Energia Incidente”, que traz nesta edição:



### Capítulo VIII

**Cálculo de energia incidente – Modelos para corrente contínua.**

**Por Luiz Carlos Catelani Junior**

## 34 Modernização da distribuição

Neste fascículo, são discutidos os desafios que o setor elétrico tem enfrentado para modernizar, seus sistemas, em especial, o segmento da distribuição de energia. O contexto da modernização e as oportunidades desta transformação são pontos de reflexão desta série de oito artigos coordenada pela Associação Brasileira de Energia Elétrica (Abradee). Neste capítulo, os autores Lindemberg Reis, gerente de Planejamento e Inteligência e Mercado na Associação, Ana Carolina Ferreira da Silva, assessora de Regulação na Abradee, discorrem sobre os esforços globais para descarbonização, com a presença cada vez maior da geração distribuída.



### Capítulo VIII

**Investimentos Tradicionais versus Digitais: reflexões sobre a lógica de remuneração e o contexto da descarbonização**

**Por Lindemberg Reis e Ana Carolina Ferreira da Silva**

## Mobilidade elétrica

Por Márcio Almeida Có e Flávia L. Consoni\*

# Capítulo VIII

## Frotas públicas de veículos elétricos leves: lições aprendidas com a experiência da Guarda Civil Municipal da Cidade de São José dos Campos

### 1 - INTRODUÇÃO

Este artigo descreve o processo de implantação pioneiro da frota eletrificada de viaturas da Guarda Civil Municipal (GCM) da cidade de São José dos Campos (SJC), no estado de São Paulo, que esteve em operação por cinco anos, entre 2018 a 2023. Ao abordar esta iniciativa, o artigo apresenta as motivações para a adoção de frotas eletrificadas na segurança pública da cidade, as principais barreiras, o modelo de negócio implantado, os custos operacionais e um conjunto de recomendações que podem ser úteis para promover a eletrificação de outras frotas no serviço público.

Frotas utilizadas em serviços de fiscalização e segurança pública, serviços de logística, de transporte executivo ou cooperativas de taxis apresentam uso intenso, podem compartilhar a mesma infraestrutura de recarga e, em geral, são geridas por profissionais com melhor compreensão dos custos operacionais e de manutenção. Nessas condições, a opção da frota de veículos elétricos (VE) tende a reduzir o custo total de propriedade (TCO), tornando-se uma solução viável economicamente (Sierzchula, 2014).

Entre as principais barreiras de adoção dos VEs estão os custos de aquisição, a existência de infraestrutura de recarga, bem como as barreiras ditas leves, relacionadas a um conjunto de incertezas e lacunas de conhecimento sobre a tecnologia, ou percepções errôneas que reduzem a confiabilidade e aceitação desses veículos (Kester et al., 2018; LaMonaca & Ryan, 2022; Singh et al., 2021; Vuichard, 2021). Ainda que as barreiras leves demandem muito menos recursos para serem superadas do que aquelas ligadas aos investimentos com os veículos e a infraestrutura de recarga (Biresselioglu et al., 2018; Vuichard, 2021), elas são extremamente relevantes para avançar no sucesso destas iniciativas. Por tais razões, o foco desse estudo está na redução das resistências e na construção

de uma base de conhecimento que possa guiar o processo de implantação de frotas corporativas de VEs leves, haja vista a baixa adoção de frotas eletrificadas no setor público brasileiro.

Em termos metodológicos, entre janeiro e março de 2023, foram realizadas diversas entrevistas semiestruturadas com os gestores envolvidos na eletrificação da frota da Guarda Civil, tanto ligados ao serviço público, quanto vinculados ao operador contratado. Também foram conduzidas entrevistas com os condutores das viaturas e visitas às instalações. Além disso, informações sobre o contrato, especificações dos veículos e dos carregadores, e os custos da eletricidade e da gasolina foram levantados para que o estudo de caso possa ser descrito em detalhes.



Foto: Claudio Vieira, PMSJC

### 2 - DESCRIÇÃO DO CASO

São José dos Campos é uma cidade com aproximadamente 740 mil habitantes, situada a aproximadamente 80km da capital paulista, considerada um importante centro metalúrgico, militar e da

indústria aeroespacial. A cidade abriga o ITA (Instituto Tecnológico da Aeronáutica), o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), o PIT (Parque de Inovação Tecnológica), centros de pesquisa e de desenvolvimento financiados pelo poder público. Além disso, em 2022, a cidade foi certificada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) como a primeira cidade inteligente do Brasil.

Em relação a mobilidade elétrica, São José dos Campos também foi pioneira, dando um passo importante para o processo de descarbonização do transporte, com a lei municipal 9684/2018, que estabeleceu uma política municipal de incentivo ao uso de veículos elétricos e híbridos. Depois disso, a cidade implantou, em 2018, a primeira frota eletrificada de veículos para GCM. Em 2022, iniciou a operação da Linha Verde, com 12 Veículos Leves Sobre Pneus (VLPs) 100% elétricos, com capacidade para 161 passageiros, interligando regiões com grande adensamento populacional. E, em 2023, abriu edital (Nº 267/2023) para locação de 400 ônibus elétricos para operação do serviço de transporte coletivo da cidade.

#### **Implantação – Características da atividade e principais barreiras**

A GCM tem por objetivo apoiar e integrar operações de fiscalização e ordenamento urbano, coibindo atos de vandalismo, zelando pela estética urbana e promovendo a segurança dos bens públicos. Opera com dois tipos de equipes nesse trabalho que, em 2018, iniciaram o

compartilhamento de 30 viaturas elétricas. A equipe operacional realiza o trabalho de patrulhamento preventivo para proteger as instalações públicas municipais, enquanto a equipe especializada trabalha atendendo as ocorrências de incidentes e atendimento de apoio policial quando demandada. O patrulhamento ocorre com as viaturas se movimentando em velocidades menores, enquanto o apoio e o atendimento a ocorrências demandam altas velocidades no deslocamento. Cada grupo trabalha em uma escala de 12 horas por dia, percorrendo em torno de 150km por turno, ou seja, as viaturas operam 24h por dia, sem alocação dos veículos para agentes pré-determinados, percorrendo até 300km por dia.

A gestão municipal encontrou duas barreiras principais no processo de implantação da frota eletrificada. A barreira burocrática do processo de contratação do serviço de locação das viaturas, pois se tratava de um novo modelo de negócio de fornecimento de serviço ao invés da aquisição do bem, que trouxe demandas diferenciadas na instrução do processo de contratação. E, a resistência dos usuários em trabalhar com uma tecnologia desconhecida, neste caso, com a viatura elétrica; este desconhecimento trazia uma série de dúvidas quanto ao seu uso. As incertezas expressas pelos usuários estavam relacionadas principalmente a autonomia do veículo e a segurança no uso dos sistemas de frenagem.

#### **Operação – usos e percepções dos operadores da frota e usuários**

A frota contratada foi equipada com 30 veículos elétricos do

# Excelência em Transformadores

IRRIGAÇÃO  
ENERGIA FOTOVOLTAICA  
ENERGIA ELÉTRICA  
INDÚSTRIA  
MANUTENÇÃO

**MINUZZI**®

[www.minuzzi.ind.br](http://www.minuzzi.ind.br)



tipo sedan, marca BYD, modelo E5, importados da China, com motores de 160kW de potência, bateria de 47,5kWh que garantiam autonomia de 300km. Doze carregadores de corrente alternada, trifásico, de 40kW e conectores tipo CCS2, sem telemetria ou controle de conexão, foram instalados em pontos estratégicos da cidade, tais como os pontos de apoio da guarda e algumas instalações públicas (praças, hospitais e escolas). O grande desafio para o operador de mobilidade contratado foi manter a máxima disponibilidade dos veículos para uso em suas atividades fim, reduzindo o tempo necessário para manutenções preventivas e corretivas, pois os veículos demandavam peças importadas e operavam, algumas vezes, em condições extremas.

A recarga das baterias ocorria ao longo dos turnos de trabalho entre uma e três vezes, dependendo da equipe, dos deslocamentos e da carga inicial das baterias no início do turno. Durante o processo de recarga, a presença das viaturas e dos guardas municipais nos espaços públicos colaborava com a ação preventiva de segurança pública contribuindo para a missão da guarda. Esses intervalos de recarregamento das baterias também eram utilizados pelas equipes para alimentação e preenchimento de dados em sistema de monitoramento de ocorrências.

Os agentes da equipe especializada relataram dificuldades em relação à autonomia, dada as características de seus deslocamentos, de natureza imprevisível quanto ao momento e a distância a ser percorrida, em geral demandando altas velocidades, o que aumenta o consumo de energia. Para a equipe operacional, o consumo de energia das baterias é menor, portanto, os veículos e as condições de recarga estão ajustados a esta condição de uso.

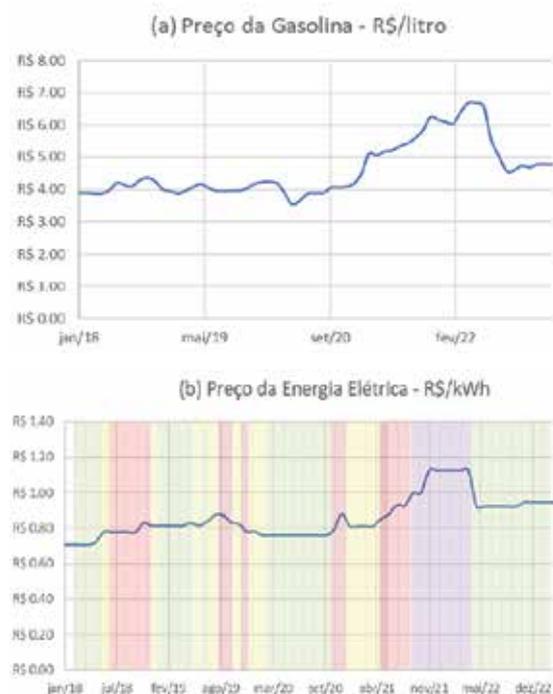
Durante as entrevistas, os agentes foram estimulados a apontar os pontos fortes e pontos fracos das viaturas elétricas contratadas. A autonomia, que demanda algumas recargas por turno de trabalho; o processo de frenagem, que difere da prática do uso do freio motor comumente usados por policiais em viaturas a combustão; a altura do solo da viatura que requer do agente maior cuidado ao trafegar por pisos irregulares; o peso do veículo associado às demandas de altas velocidades que traziam dúvidas quanto à estabilidade nas

curvas; e o maior desgaste dos pneus foram apontados como pontos fracos dos veículos elétricos contratados. A performance, expressa pelo torque, aceleração e velocidade; o conforto de um veículo automático e com baixo nível de ruído; a robustez do veículo que não demanda manutenção frequente e a economia de combustível foram os pontos positivos destacados pelos usuários.

Incertezas, pontos fortes, e pontos fracos destacados pelos usuários estão sumarizados na Tabela 1.

#### ***Economia estimada com a substituição da energia para tração***

Para realizar as análises da economia de recursos financeiros com a substituição do combustível fóssil pela eletricidade, foram levantados os preços da gasolina comum e da energia elétrica na cidade de São José dos Campos no período de 2018 a 2022. A Figura 1(a) mostra o preço médio do litro de gasolina comum praticada a cada mês, segundo a Agência Nacional do Petróleo (ANP). A Figura 1(b) mostra o preço do kWh de energia elétrica, considerando a categoria de consumidor B3 (poder público, baixa tensão), incluindo também a bandeira tarifária vigente a cada mês, representada pelas diferentes cores que vai de verde (sem acréscimo na tarifa) ao lilás (escassez hídrica, com maior incremento na tarifa).



**Figura 1 - Preço médio da energia para tração dos veículos na cidade de SJC entre 2018 e 2022.**

**a) gasolina, Fonte: ANP.**

**b) eletricidade para consumidor do setor público em baixa tensão, Fonte: ANEEL.**

**TABELA 1 - INCERTEZAS, PONTOS FORTES E PONTOS FRACOS DESTACADOS PELOS USUÁRIOS DAS VIATURAS ELÉTRICAS.**

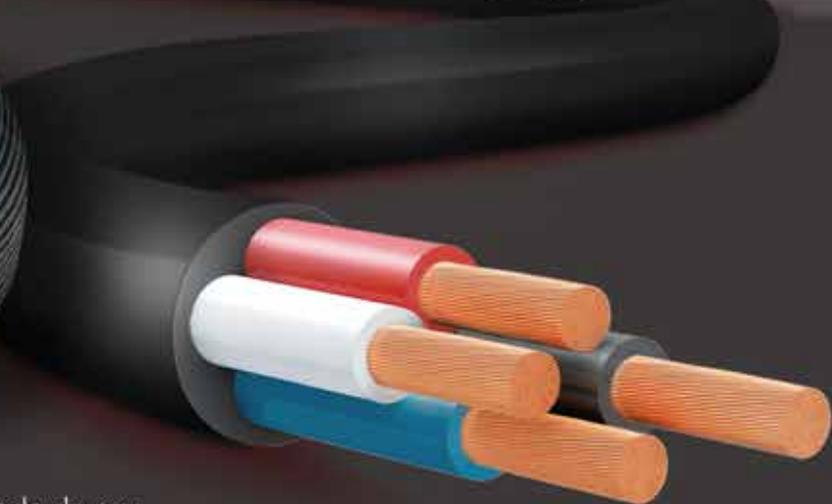
<b><i>Incertezas</i></b>	<b><i>Pontos fracos</i></b>	<b><i>Pontos fortes</i></b>
Autonomia	Autonomia	Torque e velocidade
Sistema de frenagem	Sistema de frenagem	Baixo ruído
	Altura do assoalho ao solo	Conforto
	Desgaste dos pneus	Robustez
	Estabilidade nas curvas	Economia

Para calcular a economia estimada com a substituição do combustível fóssil por eletricidade, além da distância média percorrida por cada viatura de 250 km/dia, foi considerado também a eficiência

sil.com.br

**SIL, CONECTADA  
COM PEQUENAS  
E GRANDES  
OBRAS.**

CABO FLEXÍVEL SILNAX 0,6/1 kV HEPR 90 °C Δ



Pensou nos cabos grossos para o padrão de entrada do seu projeto, use os **Cabos Flexíveis Silnax 0,6/1 kV HEPR 90°C**, que podem ser utilizados em todos os métodos de instalações descritos da tabela 33 - Tipos de Linhas Elétricas, da norma NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

*SIL, energia e proteção de qualidade.*



SIL ESTÁ NA REDE!  
SIGA-NOS

**Sil**

Conectada com o futuro.

declarada de 6,32 km/kWh do elétrico BYD E5 em comparação aos 8,7km/l de um GM Vectra 2.0, à combustão. A Figura 2 mostra os resultados estimados de economia mês a mês (a), e na forma acumulada (b), considerando a implantação no início do ano.

É possível observar as variações tanto no preço da gasolina quanto no preço da eletricidade ao longo dos últimos cinco anos. O preço do kWh sofreu influência das condições hídricas do Brasil, passando por longo período de escassez e alta de preços em 2021, e o valor do combustível fóssil esteve atrelada à política adotada de paridade internacional. Fato é que, o aumento no preço do litro da gasolina foi proporcionalmente maior que o da eletricidade nesse período, o que explica a economia estimada mensal crescendo de forma acentuada entre 2021 e 2022, fazendo com que economia estimada, acumulada ao fim de cinco anos, chegasse próxima de 6 milhões de reais, superior ao esperado pela gestão municipal.



Figura 2 - Cálculos econômicos estimados: a) mês a mês; b) acumulado (R\$).

### 3 - LIÇÕES APRENDIDAS

Com o aprendizado baseado na exploração do caso real foi possível estabelecer um conjunto de recomendações que o município de São José dos Campos utilizou no processo de eletrificação da frota e buscou aprimorar em sua nova contratação, quando da renovação do contrato dos veículos que equipam a GCM. Essas orientações são apresentadas de forma sistematizada, e podem ser aplicadas para novos processos de implantação de frotas corporativas públicas. A primeira recomendação, relativa ao modelo de negócios, é de avaliar entre as alternativas a substituição da aquisição do veículo pela contratação do serviço

de mobilidade, que tende a aumentar a disponibilidade dos recursos materiais e do servidor público no cumprimento de suas atividades finalísticas.

Para superar as barreiras burocráticas é recomendado construir, com antecedência, os estudos técnicos preliminares e o projeto básico contendo elementos necessários e suficientes, com adequado nível de precisão para caracterizar o objeto da licitação, e que considere:

- Estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental das alternativas de contratação;
- Estudos técnicos relativos à quantidade, especificação e posicionamento dos carregadores baseado em coleta de dados prévia de uso da frota;
- A necessidade de telemetria para veículos e carregadores para manter informações em tempo real da localização do veículo, o estado de carga das baterias e a disponibilidade dos carregadores;

Os cuidados na elaboração do projeto básico colaboram com o desafio de reduzir a indisponibilidade dos veículos. O órgão público contratante e o operador de mobilidade contratado devem considerar para a gestão da manutenção dos veículos as seguintes diretrizes:

- Privilegiar os planos de manutenção preventiva;
- Organizar estoques locais de peças que sofrem maior desgaste, no caso de veículos importados;
- Manter comunicação frequente e transparente com o gestor público, a oficina de manutenção e os usuários dos veículos para acompanhar as demandas de manutenção corretiva;

E, por fim, é fortemente recomendado, tanto para reduzir as resistências de uso, quanto as demandas de manutenção durante a operação, estabelecer um plano de treinamento com experimentação sobre o uso da tecnologia, que considere:

- Envolver todos os usuários;
- Enfatizar a autonomia, em particular as relações do consumo de energia com a velocidade e peso do veículo;
- Explorar o uso do sistema de frenagem regenerativa fazendo um contraponto com o uso do freio motor dos veículos à combustão; além da influência do peso e da velocidade na performance, estabilidade e desgastes de elementos da suspensão.

### 4 - DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

A gestão empreendedora do município de São José dos Campos com foco em inovação e sustentabilidade cumpriu um papel importante nesse processo pioneiro de eletrificação

da frota da guarda municipal. O apoio e envolvimento da gestão apresentando soluções técnicas e administrativas para superação de barreiras burocráticas está em consonância com que Mazzucato (2014) aponta quando conclui que as principais inovações requerem tempo e paciência, e o estado deve tomar parcela dos riscos para criar mercado, em especial em tecnologias sustentáveis.

A principal motivação para a implantação da frota eletrificada nesse estudo está ligada às vantagens do pioneirismo. Esse fato está presente tanto para a gestão municipal que tratava de integrar elementos importantes para o desenvolvimento contínuo do conceito de cidade inteligente e resiliente quanto para o operador de mobilidade contratado que buscava fortalecer a tecnologia dos veículos elétricos no Brasil. O pioneirismo e os valores ambientais também foram encontrados nos estudos de (Bae et al., 2022; Sierzchula, 2014) como alavancadores do processo de implantação.

A transição energética da frota da GCM de SJC evitou as emissões de gases de efeito estufa em aproximadamente 2.000 tCO<sub>2</sub>eq, e provou ser viável financeiramente, especialmente com as grandes distâncias diárias percorridas pela frota. Um estudo recente da (McKinsey & Company, 2023), no Brasil, mostrou que o custo total de propriedade de veículos elétricos leves utilizados de forma intensa (maior que 150 km diários) já é menor que o veículo à combustão equivalente.

O modelo de contrato que prevê a locação com gestão da manutenção dos veículos e da infraestrutura reduziu a indisponibilidade das viaturas em paradas para manutenção. O deslocamento rápido e silencioso das viaturas, a presença preventiva do policiamento das áreas públicas durante os períodos de recarga também contribuíram para as atividades de segurança. Questões técnicas relacionadas à altura do chassi ao solo e a autonomia precisam ser ajustadas para minimizar a influência do tipo de veículo e carregadores nas atividades da GCM.

Esse estudo estabeleceu um conjunto de recomendações que podem ser usadas para auxiliar outros processos de eletrificação de frotas no setor público cumprindo o objetivo de produzir conhecimento para a redução de barreiras de adoção. Entre as recomendações estão a construção de um projeto básico que considere requisitos técnicos ajustados à característica de uso da frota, seguido de um plano de treinamento que envolva todos os usuários com ênfase na influência do peso e da velocidade do veículo na autonomia, na frenagem e no desgaste de peças e, por fim, um plano de manutenção que considere ações preventivas, estoque local de peças importadas e gestão da comunicação entre usuários, gestores e oficina especializada.

A experiência da GCM permitiu que a municipalidade acumulasse conhecimento suficiente para melhorar os requisitos que foram incorporados ao novo processo de contratação

concluído no final do primeiro semestre de 2023, que manteve o interesse na manutenção de frotas eletrificadas. Aliás, houve a ampliação da frota elétrica de 30 para 38 viaturas com a instalação de 15 carregadores. Também verificou-se o aprimorando o modelo de negócio de locação das viaturas, refletido no edital que trouxe, entre outros destaques, o processo de treinamento dos usuários, ao uso de recursos digitais para gestão de informações da frota e dos carregadores, tais como relatórios de consumo por veículo e por estações de recarga, e diretrizes para a manutenção preventiva e corretiva garantindo a continuidade do serviço.

## 5 - REFERÊNCIAS

- Bae, Y., Mitra, S. K., Rindt, C. R., & Ritchie, S. G. (2022). Factors influencing alternative fuel adoption decisions in heavy-duty vehicle fleets. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 102. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.103150>
- Bireselioglu, M. E., Demirbag Kaplan, M., & Yilmaz, B. K. (2018). Electric mobility in Europe: A comprehensive review of motivators and barriers in decision making processes. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 109, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.01.017>
- Kester, J., Noel, L., Zarazua de Rubens, G., & Sovacool, B. K. (2018). Policy mechanisms to accelerate electric vehicle adoption: A qualitative review from the Nordic region. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 94, pp. 719–731). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.067>
- LaMonaca, S., & Ryan, L. (2022). The state of play in electric vehicle charging services – A review of infrastructure provision, players, and policies. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 154). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111733>
- Mazzucato, M. *The Entrepreneurial State – Debunking public vs. private sector myths*. ISBN 978-85-8285-003-9
- McKinsey & Company. (2023). O futuro da mobilidade no Brasil - uma rota para eletrificação. : <https://www.mckinsey.com/br/our-insights/all-insights/o-futuro-da-mobilidade-no-brasil>
- Sierzchula, W. (2014). Factors influencing fleet manager adoption of electric vehicles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 31, 126–134. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.05.022>
- Singh, V., Singh, V., & Vaibhav, S. (2021). Analysis of electric vehicle trends, development and policies in India. In *Case Studies on Transport Policy* (Vol. 9, Issue 3, pp. 1180–1197). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2021.06.006>
- Vuichard, P. (2021). Electrifying the company car: Identifying hard and soft barriers among fleet managers in Switzerland. *Energy Research and Social Science*, 77. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102098>

---

\* Márcio Almeida C6 é professor titular do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Ifes) e pesquisador associado do CPTen.

\* Flávia Consoni é professora Livre Docente junto ao Programa de Pós Graduação em Política Científica e Tecnológica do Instituto de Geociências da Unicamp. É coordenadora do LEVE – Laboratório de Estudos do Veículo Elétrico, do curso de Extensão em Mobilidade Elétrica: Políticas, Planejamento e Oportunidades de Negócios oferecido pela Escola de Extensão da Unicamp, e coordenadora do eixo Política e Governança do Projeto CPTen -Centro de Transição Energética (Fapesp e Unicamp). Conduz e orienta pesquisas no tema da mobilidade de baixa emissão e coordena. [fconsoni@unicamp.br](mailto:fconsoni@unicamp.br)

## Avaliação de energia incidente

Por Luiz Carlos Catelani Junior\*

# Capítulo VIII

## Modelos para corrente contínua

Ao contrário do que muitos pensam, os arcos elétricos em corrente contínua ocorrem e têm seus valores bem expressivos. Não podemos confundir quando é feita a análise para choque elétrico onde a corrente contínua tem valores de tensão contato limite bem superior ao da corrente alternada.

**TABELA 1 – TENSÕES CONTATOS LIMITES DE ACORDO COM A NBR 5410**

Natureza da corrente	Situação 1	Situação 2	Situação 3
Alternada, 15 Hz – 1 000 Hz	50	25	12
Contínua sem ondulação <sup>1)</sup>	120	60	30

Para o corpo na situação 1, corpo seco, o limite da tensão de contato para corrente alternada é de 50 V contra 120 V da corrente contínua.

É notável que o limiar de suportabilidade do corpo humano é maior para corrente contínua do que para corrente alternada. Sendo assim, a avaliação para choque elétrico se mostra mais favorável para corrente contínua.

Isso se propaga não só para condição 1, corpo seco, como nas condições 2 e 3, corpo molhado e submerso respectivamente.

Sendo assim a avaliação para arco elétrico deve ser feita mesmo nos casos em que a tensão contato limite não é atingida.

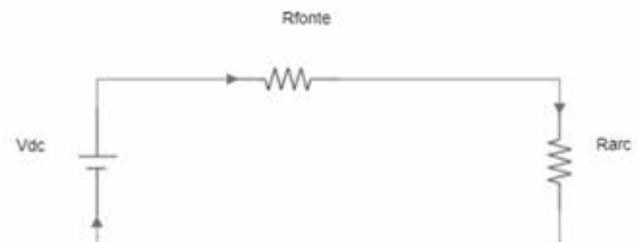
Um dos primeiros anos em que foi abordado o cálculo de energia incidente para corrente contínua foi na revisão de 2012. Toda a formulação para o cálculo do arco elétrico em corrente contínua estava nos trabalhos de:

- Arc Flash Calculations for Exposures to DC Systems,” Doan, D.R., IEEE IAS Electrical Safety Workshop, 2007, Record of Conference Papers, March 2007.

A formulação para este tipo de arco elétrico remete a

ponderações similares ao da teoria de Ralph Lee para corrente alternada. As condições serão as mesmas, visando o cálculo da máxima energia incidente.

O circuito equivalente em corrente contínua pode ser representado conforme o esquema da Figura 1.



**Figura 1 – Representação do esquema de arco elétrico em corrente contínua.**

A transferência de potência será máxima quando o valor da resistência da fonte for igual a resistência do arco elétrico.

Com isso, para o caso de um curto-circuito franco ( $R_{arc} = 0$ ):

$$I_{CURTO} = \frac{V_{DC}}{R_{fonte}}$$

Já para um arco elétrico:

$$I_{ARC} = \frac{V_{DC}}{R_{fonte} + R_{ARC}}$$

Assumindo que a resistência do arco elétrico é igual a resistência da fonte:

$$I_{ARC} = \frac{V_{DC}}{2 \times R_{fonte}}$$

$$I_{ARC} = \frac{I_{CURTO}}{2}$$

Com as condições impostas acima o valor da energia incidente:

$$E_i = 0,01 \times V_{DC} \times I_{ARC} \times \frac{t_{ARC}}{D^2}$$

Onde:

$I_{CURTO}$  → Corrente de curto-circuito [A]

$I_{ARC}$  → Corrente de arco elétrico [A]

$V_{DC}$  → Tensão do circuito [V]

$t_{ARC}$  → tempo de duração do arco elétrico [s]

$D$  → distância do operador ao arco elétrico [cm]

$E_i$  → Energia incidente [cal/cm<sup>2</sup>]

As condições de contorno para a formulação de “Doan” para arcos elétricos em corrente contínua são:

- Tensão máxima do circuito até 1000 V
- Arcos na condição do tipo aberto ou “open”

Para caso de arcos elétricos em painéis ou em equipamento esse valor deve ser multiplicado por 3.

Existe também duas formas de calcular a corrente de curto circuito em corrente contínua:

- Usando a resistência equivalente do circuito

$$I_{CC} = \frac{V_{DC}}{R_{interna} + R_{circuito}}$$

$I_{CC}$  → Corrente de curto-circuito [A]

$V_{DC}$  → Tensão do circuito [V]

$R_{interna}$  → Resistência interna da fonte de corrente contínua ou bateria [ $\Omega$ ]

$R_{circuito}$  → Resistência da fiação do circuito em corrente contínua [ $\Omega$ ]

- Método aproximado em função da capacidade de carga

Uma alternativa é estimar a corrente de curto – circuito da bateria como 10 vezes a capacidade de carga da bateria em 1 minuto. Vamos trabalhar um exemplo para entender essa aproximação.

Circuito em corrente contínua com:

$V_{DC} = 120 \text{ Vcc}$

$I_n = 60 \text{ A}$

$t = 2 \text{ s}$

$D = 45 \text{ cm}$

Formado por 10 bancos de bateria em série com as seguintes características:

Tensão nominal: 12 V

Capacidade da bateria: 60 Ah @10 horas

Resistência interna: 6 m $\Omega$

Corrente máxima de descarga: 600 A @5segundos

**Cálculo da corrente de curto-circuito desprezando a resistência de cabos:**

$$I_{CC} = \frac{V_{DC}}{R_{interna} + R_{circuito}}$$

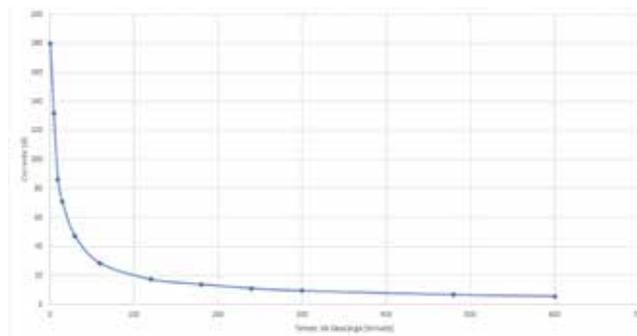
$$I_{CC} = \frac{120}{10 \times 6 \cdot 10^{-3}}$$

Como os bancos estão em série, a resistência equivalente é 10 vezes o valor da resistência de um banco.

$I_{CC} = 2 \text{ kA}$

Estimativa através de 10 vezes a capacidade da bateria em 1 minuto.

Com a curva de descarga da bateria obtida do catálogo do equipamento:



**Figura 2 – Curva de descarga da bateria 12v – 60a.H.**

Para 1 minuto valor aproxima de 180 A

Corrente de curto-circuito aproximada de 1800 A (10 vezes a capacidade de corrente a 1 minuto).

Neste caso, temos os dados da bateria, mas caso não haja a aproximação sugerida na norma NFPA 70E é uma boa aproximação para bancos pequenos de até 60 Ah.

Para bancos de bateria com capacidade muito superior, o valor da resistência interna não acompanha na mesma escala a capacidade de corrente.

Cálculo da energia incidente em ambiente aberto:

$$E_i = 0,01 \times V_{op} \times I_{arc} \times \frac{t_{ARC}}{D^2}$$

$$E_i = 0,01 \times 120 \times 1000 \times \frac{2,0}{(45)^2}$$

$$E_i = 1,19 \text{ cal/cm}^2$$

Ambiente fechado

$$E_i = 3,56 \text{ cal/cm}^2$$

Com o aumento do número de geração distribuída e de painéis solares, começou a aparecer uma demanda para cálculo com tensão superior a 1000 Vdc. Assim, diversos estudo remetem a teoria do modelo matemático de “Stokes e Oppenlander” e outras metodologias como:

- DC Arc Flash on Photovoltaic Equipment. EPRI, Palo Alto, CA:2018. 3002014124

No modelo de Stokes e Oppenlander a resistência de arco elétrico não é fixa e depende:

- Distância dos eletrodos (gap)
- Corrente de arco



Figura 3 – Circuito elétrico equivalente resistência de arco variável.

As equações para tensão de arco e resistência de arco são:

$$V_{ARC} = (20 + 0,534 \cdot gap) \cdot I_{ARC}^{0,12}$$

$$R_{ARC} = \frac{20 + 0,534 \cdot gap}{I_{ARC}^{0,88}}$$

$V_{ARC}$  → Tensão de arco [V]

$I_{ARC}$  → Corrente de arco [A]

$R_{ARC}$  → Resistência de arco [ $\Omega$ ]

gap → distância entre eletrodos [mm]

Pode-se observar que é um sistema que não tem uma solução algébrica direta. A sua solução começa estimando um valor de corrente de arco inicial e calcula-se a tensão de arco. Com esse valor, retorna a calcular a corrente de arco e estima a diferença.

A energia incidente então pode ser calculada como:

$$E_i = \frac{I_{ARC}^2 \times R_{ARC} \times t}{4\pi D^2}$$

$I_{ARC}$  → Corrente de arco [A]

$R_{ARC}$  → Resistência de arco [ $\Omega$ ]

t → Tempo de duração do arco elétrico [s]

D → Distância do operador ao arco elétrico [cm]

$E_i$  → Energia incidente [ $\text{J}/\text{cm}^2$ ]

Vamos trabalhar no mesmo exemplo anterior usando as equações de Stokes e Oppenlander.

$$V_{OP} = 120 \text{ Vcc}$$

$$I_n = 60 \text{ A}$$

$$t = 2 \text{ s}$$

$$D = 45 \text{ cm}$$

$$I_{cc} = 2000 \text{ A}$$

$$\text{Gap} = 25,4 \text{ mm}$$

Como primeira aproximação, calcula-se a resistência interna do circuito desconsiderando a resistência de arco:

$$R_{interna} = \frac{V_{oc}}{I_{cc}} = \frac{120}{2000} = 0,06 \Omega$$

Por ser uma solução iterativa, assume que a corrente de arco na primeira instância é igual a corrente de curto - circuito:

$$I_{CC} = I_{ARC} = 2000 \text{ A}$$

Primeira aproximação:

$$R_{ARC} = \frac{20 + 0,534 \cdot gap}{I_{ARC}^{0,88}}$$

$$R_{ARC} = 0,0418$$

$$I_{ARC} = \frac{V_{OP}}{R_{INTERNA} + R_{ARC}} = \frac{120}{0,06 + 0,0418} = 1178 \text{ A}$$

O valor inicial de 2000 A agora com a resistência de arco passou a 1178 A.

Segunda aproximação:

Com a primeira aproximação da corrente de arco, calcula-se a nova resistência de arco:

$$R_{ARC} = \frac{20 + 0,534 \cdot gap}{I_{ARC}^{0,88}}$$

$$R_{arc} = 0,0665 \Omega$$

$$I_{ARC} = \frac{V_{OP}}{R_{INTERNA} + R_{ARC}} = \frac{120}{0,06 + 0,0665} = 948 \text{ A}$$

$$I_{arc} = 948 \text{ A}$$

O erro é estimado como a diferença da corrente de arco anterior - atual.

# Cobrecom

## Sua marca de **confiança**



Quando falamos de fios e cabos de cobre, trabalhar com uma marca de confiança não pode ser uma opção, e sim regra, já que apenas um erro pode ser fatal.

Escolha uma marca com história sólida, controles de qualidade nos processos de fabricação, garantia de pureza do cobre e muito mais. **Escolha Cobrecom.**



Acesse  
[www.cobrecom.com](http://www.cobrecom.com)  
ou escaneie o código  
para mais informações.

$$\text{Erro [\%]} = \frac{I_{arc} - I_{arc'}}{I_{arc}} \times 100$$

$$\text{Erro [\%]} = \frac{1178 - 948}{1178} \times 100 = 19,52\%$$

Para apresentar de uma forma mais didática, vamos montar uma tabela repetindo o cálculo passo a passo:

Interação	Rarc	Iarc	Varc	Erro
1	0,0418	1.179,0206	78,4244	41,0%
2	0,0665	948,4925	76,4034	19,6%
3	0,0806	853,7739	75,4449	10,0%
4	0,0884	808,8088	74,9566	5,3%
5	0,0927	785,9816	74,6996	2,8%
6	0,0950	773,9947	74,5619	1,5%
7	0,0963	767,5879	74,4876	0,8%
8	0,0970	764,1311	74,4473	0,5%
9	0,0974	762,2564	74,4253	0,2%
10	0,0976	761,2370	74,4134	0,1%
11	0,0978	760,6818	74,4068	0,1%
12	0,0978	760,3792	74,4033	0,0%

Após 12 interações a corrente de arco converge para 760 A e a resistência de arco para 0,0978Ω.

Cálculo da Energia Incidente:

- Para ambientes aberto:

$$E_i = \frac{I_{ARC}^2 \times R_{ARC} \times t}{4\pi D^2}$$

- Para ambientes fechado:

$$E_i = \frac{3 \times I_{ARC}^2 \times R_{ARC} \times t}{4\pi D^2}$$

Executando o cálculo com a metodologia de “Stokes e Oppenlander”.

$$E_i = \frac{(760)^2 \times 0,0978 \times 2}{4\pi \times 45^2}$$

Ambiente aberto

Ei = 4,44 J/cm<sup>2</sup> ou 1,06 cal/cm<sup>2</sup>

Ambiente fechado

Ei = 13,32 J/cm<sup>2</sup> ou 3,18 cal/cm<sup>2</sup>

Uma outra aplicação é a avaliação para sistemas de tensão elevada no caso de geração fotovoltaica distribuída. Os valores utilizados estão em um documento produzido pelo EPRI (Electric Power Research Institute) sobre comparação de métodos para

cálculo de energia incidente em grandes sistemas de corrente contínua.

Um sistema de geração solar, por exemplo, de 800 kW com tensão de operação de 1000 Vcc.

Dados para cálculo de energia incidente:

$$U_{op} = 1000 \text{ Vcc}$$

$$I_N = 800 \text{ A}$$

$$I_{CC} = 881 \text{ A}$$

$$t = 2s$$

$$\text{Gap} = 25,4 \text{ mm}$$

$$\text{Distância} = 45 \text{ cm}$$

Condição fechado – “closed”

Vamos avaliar sobre as duas metodologias propostas:

- Conforme abordagem de “Doan”:

$$E_i = 3 \times 0,01 \times V_{op} \times I_{arc} \times \frac{t_{ARC}}{D^2}$$

$$E_i = 3 \times 0,01 \times 1000 \times 440,5 \times \frac{2}{45^2}$$

Ei = 13,05 cal/cm<sup>2</sup> (ambiente fechado)

Fazendo a mesma avaliação com a metodologia Stokes e Oppenlander:

$$E_i = \frac{3 \times I_{ARC}^2 \times R_{ARC} \times t}{4\pi D^2}$$

$$E_i = \frac{3 \times I_{ARC}^2 \times R_{ARC} \times t}{4\pi D^2}$$

Ei = 3,54 cal/cm<sup>2</sup> (ambiente fechado)

TABELA 2 – COMPARAÇÃO ENTRE AS METODOLOGIAS

	NFPA 70E	EPRI
Caso 1 – 60 A – 125 Vcc closed	3,56 cal/cm <sup>2</sup>	3,18
Caso 2 – 800 A – 1000 Vcc closed	13,05 cal/cm <sup>2</sup>	3,54 cal/cm <sup>2</sup>

Para tensões em corrente contínua com valores de até 200 V, as duas metodologias apresentam valores muito próximos. Para grandes sistemas de geração em corrente contínua com tensões acima de 600V, podendo chegar até 1200 V a metodologia de “Doan” é bem conservativa quando comparado com a de “Stokes e Oppenlander”.

*\*Luiz Carlos Catelani Junior é engenheiro electricista pela Unicamp, com ampla experiência em proteção de sistemas elétricos, subestações AT, linhas de transmissão elétrica e plantas industriais. Ao longo de sua carreira, tem desenvolvido atividades ligadas à geração de fontes renováveis, sendo, atualmente, um dos principais especialistas do país em análise de energia incidente de média e alta tensão – ATPV e Arc Flash.*

**SINCE 1975**

# **ITAIPU**

**TRANSFORMADORES**

ZWILLER JAKOB CO. LTD.



**ITÁPOLIS,  
SÃO PAULO,  
BRASIL.**



**ENTRE EM CONTATO E  
SOLICITE UM ORÇAMENTO**



+55 16 3263 9400

Av. Sérgio Abdul Nour, 2106  
Distrito Ind. II 14900-000  
Itápolis, São Paulo, Brasil.

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



## Modernização da distribuição

Por Ana Carolina Ferreira da Silva e Lindemberg Reis\*

# Capítulo VIII

## Investimentos Tradicionais versus Digitais: reflexões sobre a lógica de remuneração e o contexto da descarbonização

No mundo em que vivemos, as questões ambientais ganharam relevância em todos os contextos, seja em mesas de debate, noticiários, investimentos ou conversas do cotidiano. Em geral, e de forma bastante pragmática, há um clamor por um futuro com maior participação de recursos renováveis, tanto em termos da matriz energética quanto da matriz elétrica propriamente dita.

Segundo relatório da International Energy Agency (IEA)<sup>1</sup>, o mundo se aproxima de um momento decisivo de esforços internacionais para enfrentar a crise climática, um grande desafio dos nossos tempos. O número de países que se comprometeram a atingir emissões líquidas nulas até meados do século, ou um pouco depois, continua a crescer, mas por outro lado, também crescem as emissões globais de gases que agravam o efeito estufa.

Esta dicotomia entre a retórica e a prática precisa ser endereçada para que se tenha possibilidade de atingir emissões líquidas nulas até 2050 e limitar o aumento das temperaturas globais a 1,5 °C. Diante dessa preocupação, nas últimas décadas testemunha-se o surgimento de medidas e ações multilaterais que têm o objetivo de acelerar a transformação total dos sistemas energéticos que sustentam as economias mundiais.

Já é um fato a penetração recursos energéticos distribuídos (REDs), como energia solar fotovoltaica, microturbinas eólicas, energia de baterias e sistemas de armazenamento, veículos elétricos plug-in e eletrodomésticos inteligentes, entre outros, que estão se tornando ativos participantes do sistema elétrico. Esse movimento não vem de forma isolada, mas com o avanço da digitalização dos sistemas. Isto é, para que essa transição seja possível e competitiva, será necessária uma moderna base digital.

Nesta perspectiva, observa-se uma evolução dentro do setor elétrico mundial e que já atinge o Brasil, gradativamente, muito pautada nos diversos cenários possíveis da descarbonização, alcançando todos os elos da cadeia - geração, transmissão, distribuição, comercialização e consumo -, trazendo a tendência mundial de redução da centralização do fluxo da energia, até então característica do setor elétrico brasileiro.

Os esforços para descarbonização, com a presença cada vez maior da geração distribuída, atrelados ao aumento da disponibilidade de dispositivos inteligentes, estão criando condições para o surgimento de novos modelos de negócios, com as empresas de distribuição fornecendo não apenas a energia, mas também prestando serviços relacionados a esse novo modelo<sup>2</sup>.

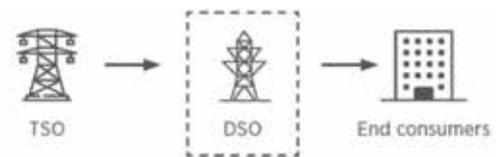


Figura 1 - Estrutura tradicional do sistema de energia<sup>3</sup> - (IRENA)

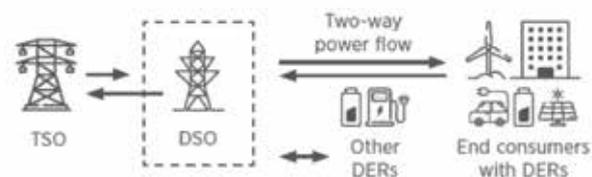


Figura 2 - Estrutura do sistema de energia com implantação de REDs - (IRENA)

1 NET ZERO BY 2050 A ROADMAP FOR THE GLOBAL ENERGY SECTOR (2021).

2 ENERGY AS A SERVICE. INNOVATION LANDSCAPE BRIEF (2020).

As alterações passarão pela introdução de novos incentivos para adaptar o funcionamento das redes de distribuição, do modelo tradicional e unidirecional, para o modelo bidirecional e de prestação do serviço de distribuição, que será transformado pela integração das energias renováveis e descentralização energética.

A crescente penetração dos REDs leva a um fluxo de energia menos previsível e reverso no sistema, o que pode afetar o planejamento tradicional e a operação de distribuição e transmissão das redes. Além disso, o aumento da implantação de REDs, caso não seja de forma ordenada, pode causar situações de congestionamento na rede de distribuição.

Estes fatos ocasionam a necessidade de uma mudança no papel das distribuidoras, que convencionalmente são responsáveis pelas redes, gerenciando para que não ocorram interrupções de fornecimento. Não haverá uma mudança somente no papel da distribuidora com relação à operação, mas também com o consumidor.

As novas oportunidades, relativas às mudanças nas necessidades do cliente, serão importantes para que os operadores do sistema de distribuição ajustem seus modelos de negócios voltados para oferecimento de novos produtos e serviços com foco nas necessidades do consumidor final, tais como: análises de dados; infraestrutura de telecom; fabricantes de equipamentos e instalações (medidores inteligentes); desenvolvimento de software; entre outros.

Essa é a descrição do modelo Energy-as-a-Service, ou seja, a distribuidora do futuro, um modelo centrado no consumidor que nasce do compartilhamento e monetização do valor criado pelo aumento da descarbonização e digitalização<sup>4</sup>.

Seguindo a tendência mundial, os órgãos governamentais já colocam essa pauta de transição energética como uma diretriz de política pública energética (Projeto de Lei 414)<sup>5</sup>. No entanto, a mobilização precisa ser mais amplamente discutida e investigada, pois o país ainda carece de um nível de desenvolvimento tanto em termos normativos quanto de investimentos direcionados para que essa transição ocorra nos moldes como observado nos demais países.

Quanto à descarbonização, o Brasil apresenta uma oferta renovável que nos coloca bem posicionados, como pode ser observado na Figura 3. Nossa matriz energética já está em vantagem em comparação com o restante do mundo, embora ainda haja muito o que se fazer.

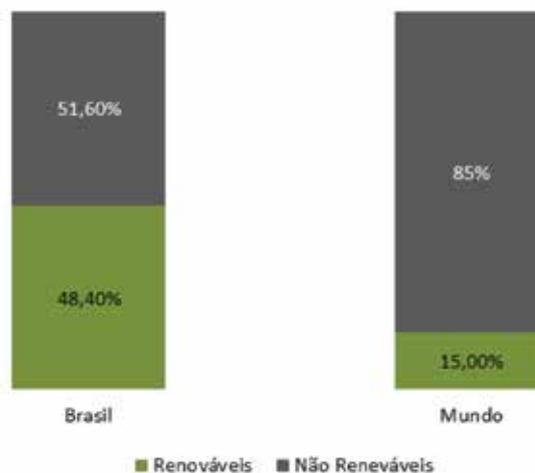


Figura 3 - Matriz Energética Brasil x Mundo (2020)<sup>6</sup>.

Em termos da matriz elétrica, nossa situação é ainda mais confortável. Segundo dados de 2022, 83,6% da potência instalada para geração de energia elétrica tem como fonte recursos renováveis – vide Figura 4.

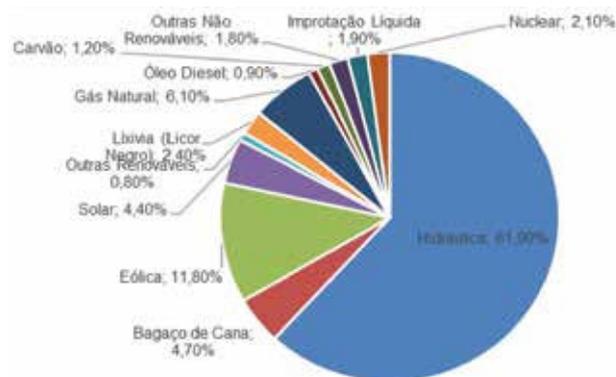


Figura 4 – Matriz elétrica do Brasil em 2022.

Dito tudo isso, e considerando que a oferta de energia elétrica renovável não se apresenta como um empecilho, os desafios do setor elétrico estarão concentrados no avanço da digitalização, principalmente considerando a necessidade de investimentos e a devida remuneração de acordo com a regulação do setor. Essa discussão é importante e se apresenta como um desafio a ser direcionado quando se pensa na distribuidora do futuro.

Há que se repensar o racional de monopólios naturais tradicionais, como é o segmento de distribuição de energia elétrica. Tanto a forma de avaliação quanto a taxa de retorno do capital estão relacionadas às características históricas do negócio de distribuição,

3 FUTURE ROLE OF DISTRIBUTION SYSTEM OPERATORS (2019).  
 4 IRENA, ENERGY AS A SERVICE. INNOVATION LANDSCAPE BRIEF, 2020.  
 5 Projeto de Lei 414/2021 (Nº Anterior: PLS 232/2016).  
 6 Fonte EPE – BEN2023 e IEA (último dado disponível)

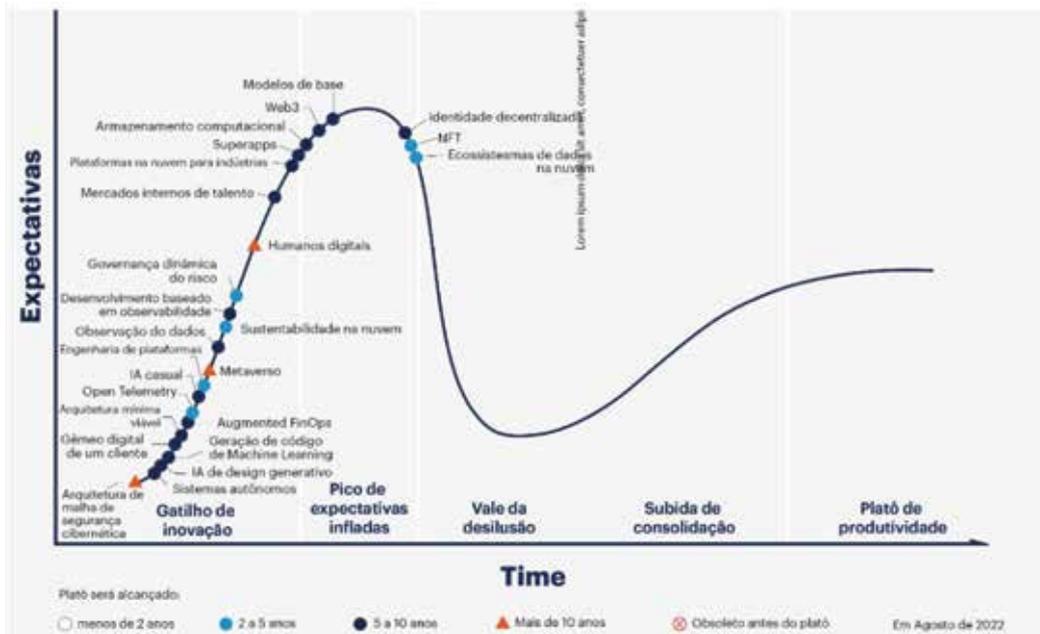


Figura 5 – Hype Cycle for emerging technologies.

setor intensivo em capital de longa maturação, isto é, investimentos de longo prazo, ativos elétricos com vida útil de 25, 30 anos ou mais.

Acontece que, quando se pensa em investimentos em tecnologia/digitalização para a transição energética, a forma de remuneração atualmente empregada é equivocada: em se tratando de tecnologia, sabe-se que o ciclo de vida dos investimentos é bem mais curto.

Segundo a consultoria Gartner<sup>7</sup>, as novas tecnologias possuem ciclo de vida muito curto, caracterizado como Hype Cycle. Na Figura 5, observa-se que o tempo médio do ciclo de vida das novas tecnologias está em 5 a 10 anos, o que se apresenta um período muito curto quando se considera a forma atual de remuneração do capital das concessionárias de energia.

Nessa perspectiva, o problema a ser equacionado é definição da forma como esse investimento será remunerado. Dado a organização do segmento de distribuição no Brasil, espera-se que as concessionárias façam esse investimento, até pelo porte de capital de muitas empresas que são multinacionais, porém os incentivos regulatórios e garantias de retornos devem ser claros e compatíveis com essa nova estrutura de investimentos, para trazer transparência e segurança a esse novo movimento.

Por fim, há necessidade de se discutir modelos tarifários compatíveis com a mudança em curso. Tarifas que sejam capazes de garantir a remuneração dos investimentos realizados e ao mesmo tempo consigam passar uma sinalização econômica correta ao consumidor, propiciando eficiência energética, o que contribui também uma otimização do uso da rede.

Diante todo o exposto, percebe-se que o Brasil já possui base para a esperada transição energética quando se trata dos recursos renováveis. Contudo, com relação à digitalização e promoção do Energy-as-a-Service, ainda há passos importantes a serem percorridos.

Em síntese, para que os investimentos em digitalização sejam realizados de forma a trazer segurança aos agentes e aos consumidores, há questões regulatórias a serem direcionadas, pois o modelo atual de regulação é voltado para investimentos de longo prazo, diferentemente dos capitais tecnológicos que possuem prazos de depreciação muito curtos.

Finalmente, modelos tarifários modernos devem acompanhar essa transformação para que se garanta uma remuneração adequada e com o correto sinal econômico, a fim de se otimizar o uso da rede e aumentar a eficiência energética.

<sup>\*</sup>Ana Carolina Ferreira da Silva é economista, mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do ABC, com especialização em Contabilidade e Controladoria pela PUC Campinas. Desde 2008 atua no segmento de distribuição de energia elétrica e atualmente é assessora de regulação na ABRADDEE.

<sup>\*</sup>Lindemberg Nunes Reis é engenheiro eletricista, cursa atualmente mestrado em metrologia, inovação e smart grids na PUC-RJ, tem MBA em finanças pelo IBMEC-RJ e pós-graduação em sistemas de produção e refino de petróleo pelo SENAI-RJ. É formado em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora – MG e atualmente é Gerente de Planejamento e Inteligência de Mercado na ABRADDEE.

<sup>7</sup> <https://www.gartner.com/en/articles/what-s-new-in-the-2023-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies> (acesso em 10/2023)

# Renováveis

ENERGIAS COMPLEMENTARES

Ano 5 - Edição 74 / Novembro-Dezembro de 2023



Atitude.editorial

$H_2$

$H_2$

## Capítulo VIII

# O Brasil no mercado de hidrogênio verde

Gestão de Ativos – Gestão de Ativos e as inovações tecnológicas  
Conexão Regulatória – Baterias: a salvação das renováveis?

APOIO





## FASCÍCULO HIDROGÊNIO VERDE

Por Jurandir Picanço Júnior e Luis Viga \*

# Capítulo VIII

## O BRASIL NO MERCADO DE HIDROGÊNIO VERDE

38

### 1. O HIDROGÊNIO VERDE NO CENÁRIO MUNDIAL DO HIDROGÊNIO SUSTENTÁVEL

O uso do hidrogênio sustentável (de baixo carbono) na descarbonização dos mais variados setores da economia tem mobilizado inúmeras iniciativas voltadas à produção, logística e uso final, para o que têm sido direcionados recursos públicos e privados em dimensão surpreendente.

Entre as diversas alternativas de produção do hidrogênio sustentável, destacam-se o hidrogênio verde e o azul. Na caracterização do hidrogênio verde predomina o entendimento que é aquele produzido pela eletrólise da água com energia de fontes renováveis. E o hidrogênio azul é definido como aquele produzido a partir de combustíveis fósseis com CCUS (Carbon capture, utilisation and storage – Captura do carbono, utilização e armazenagem).

Os diversos estudos de custo de produção do hidrogênio sustentável são unânimes em afirmar que atualmente o custo do hidrogênio azul é inferior ao do hidrogênio verde, mas com o desenvolvimento da tecnologia e maturidade do mercado, o hidrogênio verde será mais competitivo.

As projeções de mercado de hidrogênio sustentável para o horizonte de 2050, apontam o predomínio do hidrogênio verde. Conforme a Agência Internacional de Energia (IEA – International Energy Agency), em um cenário de neutralidade de carbono, o uso de hidrogênio sustentável chegaria a 452 Mt em 2050 sendo 72,6% a participação do hidrogênio verde (Figura 1).

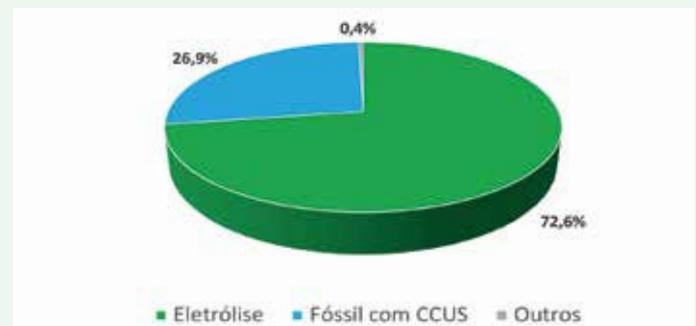


Figura 1 - Demanda Prevista pela IEA para o Hidrogênio Sustentável em 2050 no Cenário de Neutralidade de Carbono (total de 452 Mt).

### 2. A OPORTUNIDADE DO BRASIL EM HIDROGÊNIO VERDE

Estudos desenvolvidos por instituições do setor energético, consultorias internacionais e estudos acadêmicos apontam que o Brasil tem condições excepcionais para produção de hidrogênio verde de menor custo.

Justifica-se essa situação privilegiada do Brasil como decorrência de seu enorme potencial de energias renováveis hídrica, biomassa e, principalmente, eólica e solar. O Atlas Eólico Brasileiro publicado pelo CEPEL em 2001 apresentou um potencial eólico onshore de 143,5 GW. Desse total 75,1 GW (52,3%) localizado na região Nordeste. Uma reavaliação desse potencial em 2013 realizada pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças do Clima (INCT-Clima), estimou

em 880 GW o potencial total, sendo que 522 GW seriam tecnicamente viáveis. O potencial eólico offshore estimado em estudo do Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP) do Banco Mundial alcança 1.228 GW, sendo 480 GW fixados e 748 GW flutuantes. Desse potencial total, 55,5% localizam-se na região Nordeste.

O potencial brasileiro para produção de energia solar fotovoltaica é imenso. Conforme afirmações da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), esse potencial alcança 28.500 GW, que equivale a mais de 140 vezes a atual capacidade instalada de usinas (de todas as fontes) para geração de energia elétrica no Brasil. A região Nordeste está inserida na região de maior irradiação solar. De acordo com estudo publicado pela consultoria internacional McKinsey & Company em Nov 2022, podem ser investidos R\$ 1 Trilhão de Reais no Brasil na indústria do H2V e seus derivados nos próximos 20 anos.

A combinação desses potenciais solar fotovoltaico e eólicos onshore e offshore em uma mesma região são determinantes para a condição privilegiada do Brasil para a produção do hidrogênio verde.

### 3. ESTUDOS INTERNACIONAIS QUE DESTACAM O BRASIL NA PRODUÇÃO DO HIDROGÊNIO VERDE

O estudo da Associação Internacional de Energia Renovável (IRENA, sigla em inglês) "Geopolitics of the Energy Transformation" apresenta os países onde o hidrogênio verde poderá tornar-se mais barato que o hidrogênio azul, por ano.

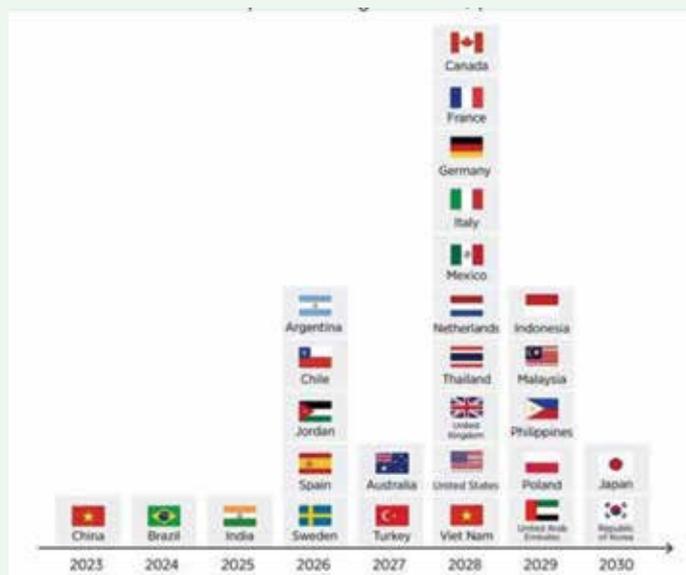


Figura 2 - Países onde o hidrogênio verde poderá tornar-se mais barato que o hidrogênio azul, por ano.

Apresenta o Brasil como segundo nesse ranking, somente atrás da China que se propõe a produzir eletrolisadores de custo muito mais baixo do que os atuais existentes no mercado.

A Bloomberg New Energy Finance (BloombergNEF), considerando a competitividade das fontes de energias renováveis brasileiras estima que o país tenha o Custo Nivelado do Hidrogênio Verde (LCOH<sub>2</sub>, sigla em inglês) mais competitivo do mundo, apresentando o custo 0,55 US\$/kg em 2050, o menor entre os países estudados.

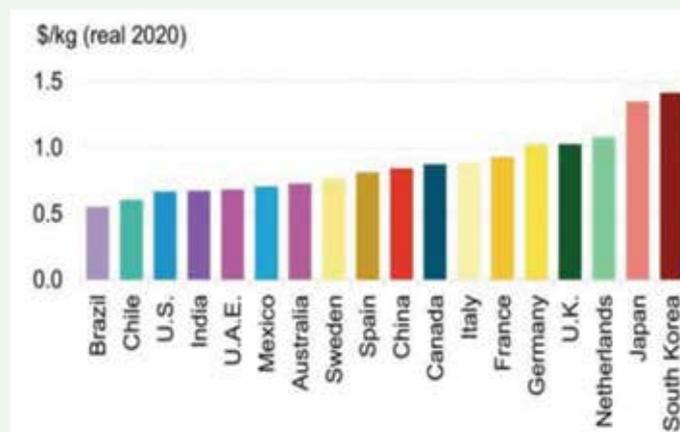


Figura 3 - Estimativas indicam que o Brasil poderá alcançar o Custo Nivelado do Hidrogênio Verde mais competitivo do mundo. Fonte: BloombergNFE (2021).

Em seu estudo Energy Transition Factbook (2023), a BloombergNEF estimou o custo para a entrega da amônia verde nos portos de Roterdã e Tóquio. Novamente o Brasil aparece em destaque, como o país que pode realizar esse fornecimento de amônia verde ao menor custo.

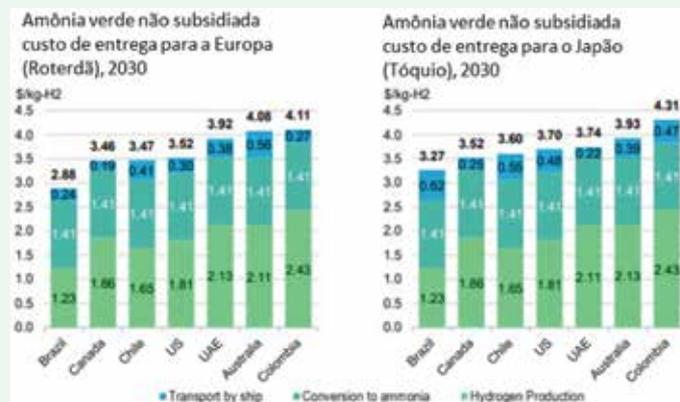
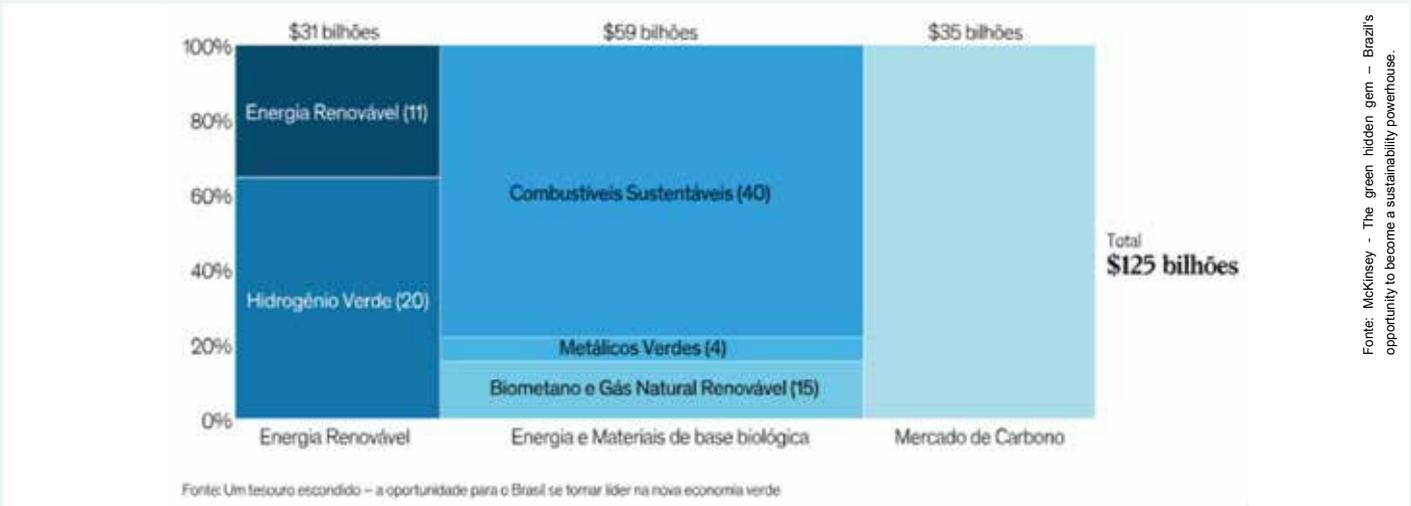


Figura 4 - Custo de entrega da amônia verde para a Europa (Roterdã) e Japão (Tóquio) em 2030

A publicação da McKinsey "The green hidden gem – Brazil's opportunity to become a sustainability powerhouse" (A joia verde escondida – a oportunidade do Brasil de se tornar uma potência em sustentabilidade) em seu título já ressalta a oportunidade do Brasil.



Fonte: McKinsey - The green hidden gem – Brazil's opportunity to become a sustainability powerhouse.

Figura 5 – Até 2040, a oportunidade total estimada para o Brasil é de US\$ 125 bilhões

Ao identificar as diversas possibilidades de participação do Brasil no mercado da transição energética, estima um mercado de mais de US\$ 125 bilhões (Figura 4), concluindo que “O Brasil tem uma oportunidade única de acelerar o crescimento inclusivo e sustentável e de assumir um papel de liderança na descarbonização da economia global.”

#### 4. NOVOS ESTUDOS INTERNACIONAIS CONFIRMAM O PROTAGONISMO DO BRASIL

Estudo da consultoria alemã Roland Berger “A Oportunidade do Brasil em Hidrogênio Verde” (Green Hydrogen Opportunity in Brazil –2023) destaca o Brasil por sua condição de produzir o hidrogênio verde mais competitivo, que poderá, já em 2025, alcançar o valor de USD 2,00/kg H2 (Figura 5). Conclui que “Se a meta for atingida, o mercado brasileiro de hidrogênio verde pode alcançar uma estimativa anual de cerca de R\$ 150 bilhões até 2050.”

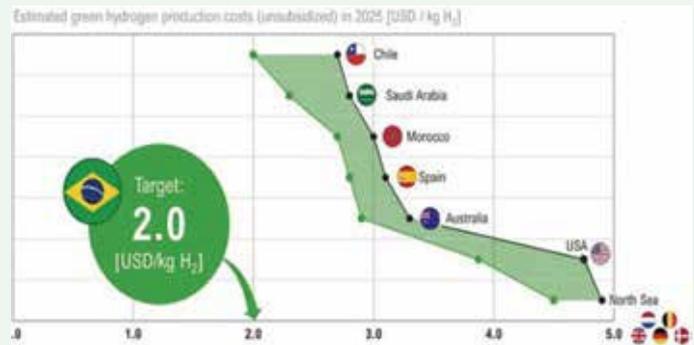


Figura 6 - Custos estimados de produção de hidrogênio verde (não subsidiado) em 2025 [USD/kg H<sub>2</sub>].

Mais um estudo realizado na Alemanha, pelo conceituado Instituto Fraunhofer-ISE, analisou a competitividade de produtos Power-to-X em países em desenvolvimento e emergentes. Destaca o Brasil na produção

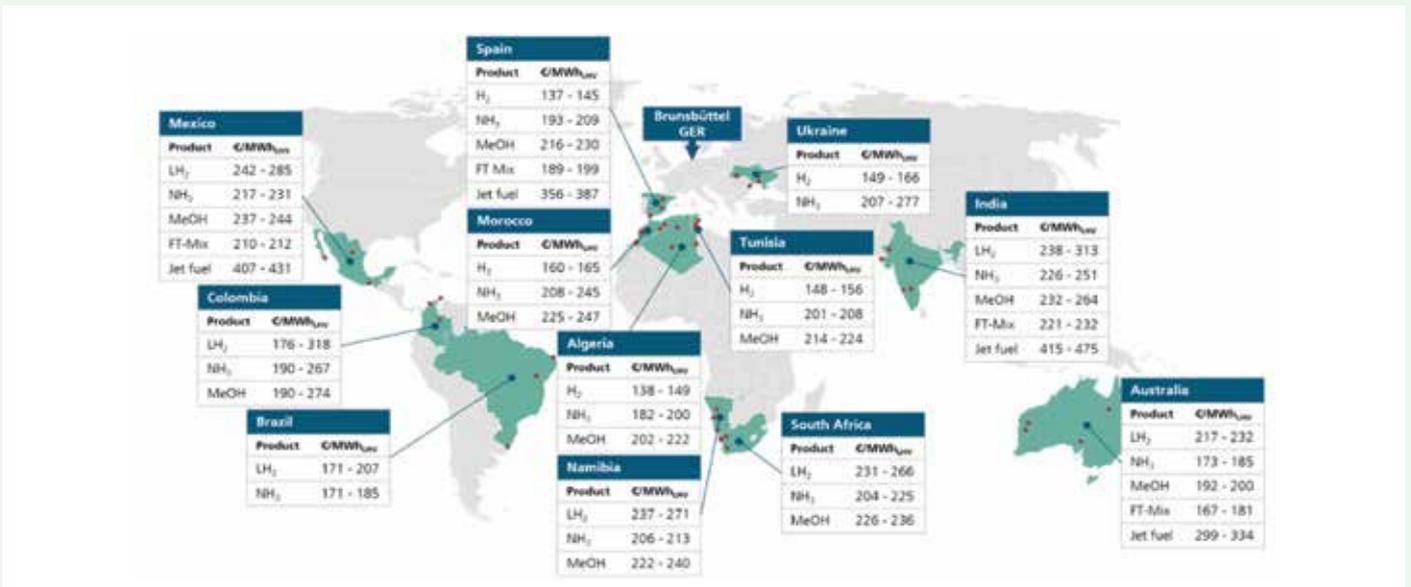


Figura 7 - Visão geral para todos os países avaliados do custo de fornecimento de transportadores de energia PtX, incluindo o seu transporte para a Alemanha.



## FELIZ ANO NOVO!

Que em 2024 continuemos colaborando com a **confiabilidade, segurança e qualidade dos projetos** dos nossos **clientes** através das nossas **soluções**.





Delivery cost of green ammonia shipped to Germany in 2030, by country

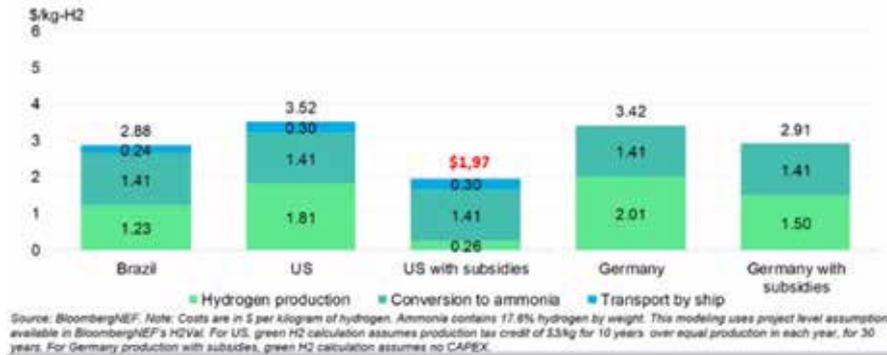


Figura 8 - Visão geral para todos os países avaliados do custo de fornecimento de transportadores de energia PtX, incluindo o seu transporte para a Alemanha.

do H2 liquefeito e amônia. Na comparação geral de todos os países analisados e os custos da oferta Power-to-X de 2030, sobressaem o Brasil e a Austrália. Conclue que Brasil tem o menor custo de Hidrogênio Liquefeito (LH2) e igual custo de Amônia (NH3) da Austrália (Figura 6).

42

A convergência desses estudos que destacam o Brasil no futuro mercado do hidrogênio verde assegura que nosso país terá um espaço privilegiado na descarbonização e sustentabilidade global. Contudo existe uma corrida global de H2V e os USA criou um plano econômico de crescimento (IRA -The Inflation Reduction Act) que incentiva e privilegia a transição energética sendo o H2V um grande beneficiado por tal plano de estímulo. Nestas condições o H2V dos USA passa ser mais barato que o H2V produzido no Brasil (Figura 7).

### 5. O QUE O BRASIL DEVE FAZER?

O Brasil conforme mostrado pelos inúmeros estudos internacionais têm vocação e potencial para ser protagonista mundial no mercado de H2V e os produtos, que deste, serão derivados tais como Açúcar Verde, Fertilizantes Verdes, Combustíveis Verdes (SAF, Diesel Verde, E-Methanol). Isto se deve a qualidade e competitividade dos nossos recursos renováveis e uma indústria renovável pujante, sofisticada e consolidada. O Brasil é um caso de sucesso de investimento de renováveis no mundo, temos uma matriz elétrica de grandeza continental, conectada e que entregou em 2022 mais de 90% de energia renovável, são números impressionantes que colocam o Brasil na "pole-position" para ser o grande líder na era da transição energética verde.

Contudo, países atentos a este novo mercado verde estão investindo e imprimindo velocidade na sua transição energética afim de assumirem relevância mundial. O caso dos USA com o IRA é clássico e uma referência de política de estado para essa nova indústria, segundo dados do governo americano essa política de incentivos deve atrair trilhões de dólares em investimento nos USA.

A Europa, por sua vez, criou vários mecanismos de incentivo para o H2V, cabendo destacar os leilões chamados de "Cost for Difference" da H2 Global e do Banco Europeu de Hidrogênio onde o estado incentiva a demanda custeando a diferença de preço entre o que o comprador quer pagar e o fornecedor quer receber, o objetivo é desenvolver o mercado na

sua infância, isto é, tirar da inércia para que depois com ganho de escala e produtividade possa o mercado de H2V, por si próprio, ser tão ou mais competitivo que o H2 cinza.

Vale notar que toda solução energética na história teve ajuda de algum mecanismo indutor, pois novas soluções têm um custo inicial mais alto e depois experimentam redução de preço com a maturidade da tecnologia e escala.

Portanto para concorrer nessa transição energética verde, a qual segundo alguns economistas é a maior realocação de capital da história da humanidade, é preciso união de forças da sociedade, isto é, uma parceria de governo, bancos públicos e privados, setor privado e academia para induzir o H2V na nossa economia. Cada um têm seu papel e deve trabalhar, de maneira colaborativa. Os investidores tomarão risco de desbravar uma nova indústria, bancos devem encontrar mecanismos de crédito competitivo a nível global e soluções financeiras para aumentar o bankability, já a academia, deve investir na capacitação e tecnologia.

O governo tem como função atrair estes Bilhões / Trilhões de investimentos internacionais, gerando empregos e riqueza, isto é feito através de medidas que visam a segurança jurídica, indução e aumento de competitividade do H2V Brasileiro frente à competição global. Medidas tais como a redução de tarifas de energia e a introdução de cotas de H2V e seus derivados no mercado Brasileiro devem catapultar essa indústria. Aqui vale uma contribuição especial: o H2V poderá gerar um aumento de arrecadação para todos os níveis de governos já no período 2024-2028, onde os investimentos de Bilhões de dólares, feitos 100% pelos investidores, gerarão arrecadação de impostos e milhares de empregos, ajudando nossa economia e o equilíbrio fiscal.

Importante também lembrar, que incentivos temporários a energia, necessária para a produção de H2V, devem correr na fase de operação dos projetos, isto é, a partir de 2028, e devem vir preferencialmente da união e não do sistema elétrico. Finalmente a demanda nacional deve se inspirar em programas de introdução cuidadosos, visando balancear investimentos estratégicos e economicidades.

### 6 - CONCLUSÃO

A oportunidade para o Brasil é imensa na transição energética, pois temos grandes vantagens comparativas, mas não podemos ficar

parados pois a liderança do Brasil não irá cair do céu e tão pouco virá por mágica, mas sim, por trabalho, comprometimento e foco de todos os agentes: empresários, governo e da sociedade. Temos que ser rápidos e propositivos, assim como outros países do mundo estão fazendo, temos que ser ambiciosos, sonhar grande e esforçados, pois só assim, iremos mudar o Brasil e darmos oportunidades de desenvolvimento ao nosso povo e proteger as futuras gerações das terríveis consequências do aquecimento global.

O Brasil já perdeu muitos cavalos selados, esse é um que não podemos perder!

#### REFERÊNCIAS:

- 1) IEA – Global Hydrogen Review 2022. França, 2022.
- 2) Atlas Eólico Brasileiro 2001 – [http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas\\_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf)
- 3) Canal Energia – <https://www.canalenergia.com.br/noticias/31738562/potencial-eolico-onshore-brasileiro-pode-ser-de-880-gw-indica-estudo>
- 4) Banco Mundial – Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP) <https://documents1.worldbank.org/curated/en/902341586847107376/pdf/Technical-Potential-for-Offshore-Wind-in-Brazil-Map.pdf>
- 5) ABSOLAR – <https://www.absolar.org.br/noticia/potencial-tecnico-de-energia-solar-no-pais-pode-chegar-a-30-mil-gw/>
- 6) IRENA – <https://www.irena.org/Digital-Report/Geopolitics-of-the-Energy-Transformation#page-5>

- 7) BloombergNEF – <https://insideevs.com/news/499471/green-hydrogen-cheaper-2050-bnef/>
- 8) BloombergNEF – Energy Transition Factbook <https://www.cleanenergyministerial.org/content/uploads/2023/07/cem-factbook-1.pdf>
- 9) McKinsey – The green hidden gem – Brazil's opportunity to become a sustainability powerhouse – <https://www.mckinsey.com/br/en/our-insights/all-insights/the-green-hidden-gem-brazils-opportunity-to-become-a-sustainability-powerhouse>
- 10) Roland Berger – Green Hydrogen Opportunity in Brazil (02/2023)
- 11) Fraunhofer-ISE – [https://files.h2-global.de/H2G\\_Fraunhofer-ISE\\_Site-specific-comparative-analysis-for-suitable-Power-to-X-pathways-and-products-in-developing-and-emerging-countries.pdf](https://files.h2-global.de/H2G_Fraunhofer-ISE_Site-specific-comparative-analysis-for-suitable-Power-to-X-pathways-and-products-in-developing-and-emerging-countries.pdf)
- 12) Bloomberg: BNEF Academy Brasil 2023

\* Jurandir Picanço Júnior é Consultor de Energia da Federação das Indústrias do Estado do Ceará – FIEC e membro da Academia Cearense de Engenharia. Engenheiro mecânico eletricitista, sempre esteve ligado às energias renováveis, sendo um dos responsáveis pelas primeiras iniciativas de desenvolvimento das energias eólica e solar, e agora, do hidrogênio verde, no Ceará

\*\* Luis Viga é engenheiro civil formado pela PUC-RJ e com Mestrado em Negócios pela Rice University do Texas - USA, além de cursos de especialização em Harvard e M.I.T. Ele ocupa a Presidência do Conselho da ABIHV (Associação Brasileira da Indústria de Hidrogênio) e Country Manager da Fortescue no Brasil. Luis ocupou cargos de liderança em várias empresas que compõe o Fortune 500 e têm uma carreira internacional.

# varixx

## Contator de Estado Sólido Solidvar

Os contadores de estado sólido apresentam inúmeras vantagens em relação aos contadores eletromecânicos, especialmente no que diz respeito à diversidade de modelos disponíveis para diferentes tipos de cargas. Esses dispositivos são capazes de suportar cargas resistivas, cargas altamente indutivas, acionamentos de motores de grande porte e ainda permitem a inversão de sentido de giro de motores com um único contator.

### > Vantagens



Operação silenciosa e sem vibração



Suporta elevado número de manobras



Opera em ambientes agressivos ou sujos



Preserva o isolamento elétrico dos motores



Aumenta a vida útil do motor



Não necessita de manutenção periódica



Saiba mais >





Lilian Ferreira Queiroz é engenheira eletricista, formada pela Universidade Federal de Uberlândia, com MBA Executivo em Liderança e Gestão de Empresas Estatais, MBA em Liderança, Inovação e Gestão 3.0 e MBA Executivo - Setor Elétrico. Membro do Cigré e especialista em confiabilidade e gestão de ativos. Atualmente, é superintendente de Gestão da Manutenção na Eletrobras Eletronorte.



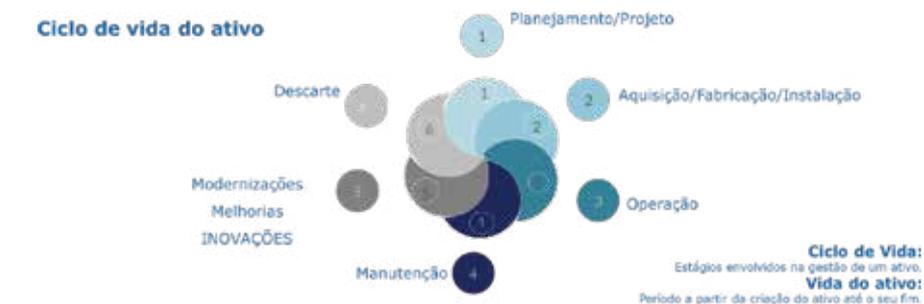
## Gestão de Ativos e as inovações tecnológicas

As empresas que buscam resultados exponenciais vêm adotando como uma de suas melhores práticas a implantação de um Sistema de Gestão de Ativos. Trata-se de um modelo de gestão usado para dirigir, coordenar e controlar as atividades de gestão de ativos, extraindo valor dos ativos de uma organização em todo seu ciclo de vida, por meio do equilíbrio entre desempenho, custos e riscos nas tomadas de decisões, com ações alinhadas ao plano estratégico da empresa.

Porém, não basta ter uma visão de implantação dos procedimentos estruturados na Norma de Gestão de Ativos, mas um olhar atento às mudanças do mercado e inovações tecnológicas. Organizações que procuram sucesso sustentado através do desenvolvimento e demonstração da sua capacidade de gerir eficazmente suas atividades, buscam a inovação para alcançar os resultados pretendidos.

Assim, mudanças em produtos, processos e serviços surgiram porque pessoas criativas ou as empresas viram uma oportunidade no mercado e criaram uma solução inovadora.

Sendo assim, quando falamos de Gestão de Ativos e Ciclo de vida do ativo, temos que



ter em mente que inovarmos nos processos de cada etapa do ciclo de vida do ativo é reconhecido como um fator chave para impulsionar o desenvolvimento do negócio.

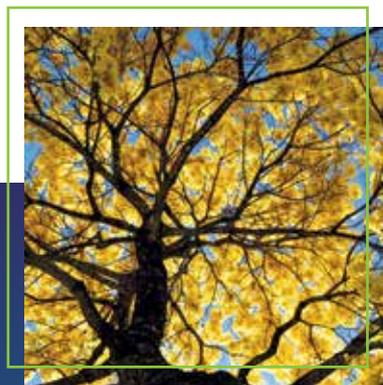
Considerando que a inovação é a exploração de uma nova ideia para concretizar valor, podendo estar relacionado a um produto, um serviço, um processo, um modelo ou qualquer combinação destes, algumas ideias farão a diferença e podem trazer resultados significativos na gestão dos ativos.

Quando avaliamos a oportunidade de se estabelecer uma relação direta entre as inovações no processo de ciclo de vida dos ativos e na vida do ativo, nos deparamos com uma oportunidade gigantesca de melhoria do desempenho dos ativos, bem

como na adoção de soluções tecnológicas de base digital: uso de inteligência artificial, monitoramentos, sensoriamentos, redes inteligentes, automações e muitos outros.

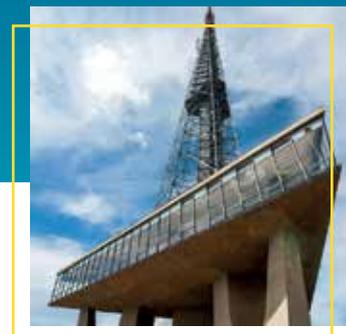
Para isso, é importante inserirmos os profissionais em contextos digitais de diferentes naturezas, o que certamente, é a principal tendência para o setor. A mudança de cultura, no entanto, talvez seja o primeiro e principal passo para que cada uma dessas empresas comecem a incorporar esses avanços aos seus processos de gestão de ativos, pois elas representam uma mudança cultural no planejamento estratégico das organizações que adicionam a tradicional visão sobre produtos e clientes à visão dos ativos e do valor que estes são capazes de gerar ao negócio.

# O maior seminário de energia da América Latina



Considerado o segundo maior no mundo, o **XXVII Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica (SNPTEE)** será realizado de 26 a 29 de novembro de 2023, em Brasília /DF

Saiba mais em [xxviisnp tee.com.br](http://xxviisnp tee.com.br)





*Frederico Carbonera Boschin é Diretor Executivo da Noale Energia e Sócio da Ferrari Boschin Advogados. Advogado especialista no Setor Elétrico com 18 anos de experiência no mercado. Atua na estruturação de projetos por fontes renováveis (Eólica, RSU, Biomassa, CGHs/PCHs e Solar), e modelos de negócios para GD e Mercado Livre. Bacharel em Direito (UFRGS); MBA em Gestão Empresarial (FGV/RS); Mestre em Direito Econômico (Universidade de Lisboa); e Pós-Graduado em Energias Renováveis (PUC/RS). Conselheiro da ABGD; Conselheiro Fiscal do Sindienergia RS e Professor do Curso de MBA da PUC/RS, UCS/RS e PUC/MG.*



## Baterias: a salvação das renováveis?

Consideradas as soluções mais amplamente aplicadas para abordar questões associadas ao aumento da demanda de energia e aquecimento global, a energia solar e eólica, todavia, são fontes dependentes dos recursos climáticos com características intermitentes.

Nessa linha, uma das questões mais cruciais é a mudança da configuração atual do armazenamento de energia para contornar esse entrave.

Atualmente existem duas alternativas: a injeção dessa energia sobressalente na rede ou em um sistema de baterias. A primeira solução é a mais utilizada por uma questão puramente econômica. Isso porque é onerosa a instalação e manutenção de um sistema de baterias -geralmente de íon lítio ou níquel cádmio- quando comparada ao pagamento mensal das tarifas de injeção na rede e do abatimento de créditos.

Contudo, a contrapartida principal é de que esse modelo é apenas um método paliativo para o cerne da problemática porque a sobrecarga no SIN é iminente. Exemplificando: algumas concessionárias estão impedindo a ligação de usinas de geração distribuída na rede, alegando esse exato problema.

### **Tipos de baterias mais utilizadas no mercado**

Atualmente, os tipos de baterias mais utilizados são de PbA e NiCd. Ambas são

configuradas em um sistema isolado como pequenas placas mergulhadas em uma solução alcalina que facilita a troca de íon entre as moléculas.

A bateria recarregável possui o diferencial de reverter esse processo de troca de energia química por elétrica, necessitando de um capacitor que injete energia no meio e faça os elétrons fluírem do meio mais eletricamente negativo para o com excesso de prótons.

Com os avanços tecnológicos, a capacitação de aproveitamento de ciclos se tornou-se maior. Antes, apenas centenas de ciclos eram de fato possíveis antes do esgotamento e impossibilidade de recarregamento. Hoje, a capacidade está em milhares de ciclos e no futuro se estima em milhões de ciclos antes do desabastecimento total. Isso, aliado a uma série de acumuladores para atingir uma maior capacidade global de armazenamento, é crucial para as demandas atuais e futuras.

Algumas pautas, entretanto, devem ser mencionadas acerca de seu dimensionamento. O primeiro é o da impossibilidade de um longo e frequente período de autonomia do sistema de baterias. Como estas são sensíveis a mudanças bruscas de temperatura e a sobrecargas, sua ideia base é de realizar o ciclo de troca de energia lentamente e nunca chegando aos 100%, e nos casos das baterias de chumbo-ácido, evitando ao máximo as descargas profundas para impedir o surgimento de

cristais de sulfato de chumbo que danificariam a estrutura de forma permanente.

### **Precificação e maneiras de melhor aproveitamento do sistema**

Seguindo os princípios básicos de funcionamento de um circuito pelo eletromagnetismo, o modelo de baterias em paralelo é o mais indicado para uma maior capacidade e aproveitamento da rede. Pela Lei de Ohm, o potencial elétrico é somado em baterias em série e dividido em baterias em paralelo, o que possibilita uma distribuição igual de corrente entre as partes e uma redução de danos nas baterias, já que impedirá que façam um excesso de transformação de energia.

Como a instalação de um sistema de baterias bem-sucedido é uma tarefa complexa, dado ao fato de que necessita, além de baterias, de um inversor e um sistema de refrigeração, sua precificação acaba por ser elevada.

Um sistema simples de baterias doméstico de 7,2 kWh para um consumidor médio residencial com cerca de 550 kWh/mês de consumo e que faça uso de um sistema fotovoltaico para abater metade de seu consumo mensal, gastaria, no ano de 2018, cerca de R\$18.037,50 com troca programada para metade da vida útil do sistema<sup>1</sup>.

Um dos modelos que necessitaria de uma atenção maior do mercado seria uma junção entre UCs organizadas para compartilhar

de um sistema de baterias maior, a fim de conseguir suprir a necessidade de todos a um custo menor.

No entanto, mesmo prevista na Lei 14.300, ainda não há um amparo técnico-legal satisfatório para a execução dessa metodologia.

### Situação nacional versus internacional

Além disso, com o aumento do valor de componentes básicos de estruturas elétricas e igualmente expressivo do dólar pela inflação global, a situação atual do sistema de armazenamento de energias sob forma de baterias no SFV (Sistema fotovoltaico) é pouco animadora. Para o consumidor médio residencial, que é o principal cliente em pequenos sistemas FV, esse não seria um sistema economicamente e legalmente viável. A primeira parte, derivada da alta precificação, e a segunda pelo baixo aporte técnico/legal da legislação brasileira.

No cenário internacional, países como a China e os Estados Unidos lideram as expectativas mundiais de armazenamento (Figura 1) derivado da provável diminuição expressiva dos preços das baterias íon lítio e sua versatilidade, dado ao seu uso tanto em veículos elétricos quanto em sistemas FV, e com os devidos avanços tecnológicos, de reaver a sua reutilização mesmo após o fim de seu tempo de primeira vida.

Nesse modelo, os componentes internos seriam removidos e trocados por outros em perfeito estado, mantendo a caixa externa e garantindo um custo menor (Figura 2) e uma vida útil restante extremamente satisfatória.

Em suma, mesmo que o cenário brasileiro e internacional não sejam atualmente muito motivadores, é questão de tempo até que se torne uma alternativa viável para grande parte dos consumidores de SFV. Algumas mudanças estão se tornando perceptíveis, como a abertura do mercado brasileiro para sistemas ancilares complexos e uma maior regulação na venda desses aditivos, mas que ainda peca no âmbito regulatório em um aspecto geral porque somente sistemas

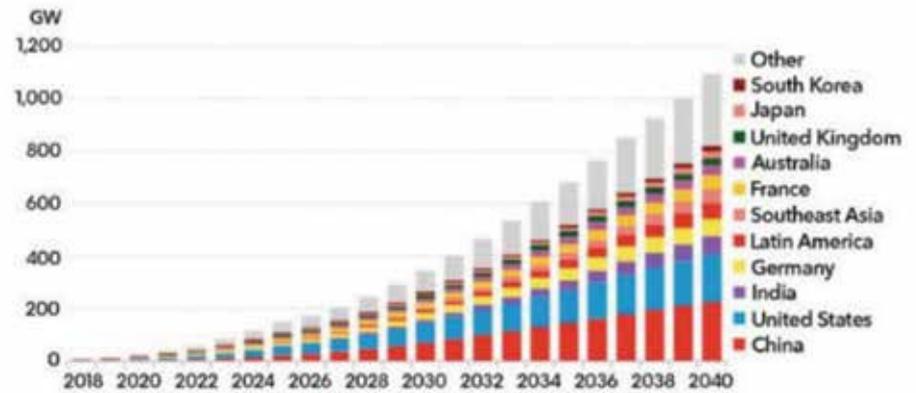


Figura 1 – Previsão em nível mundial da capacidade de armazenamento (em MW) por ano e país (BNEF, 2019)

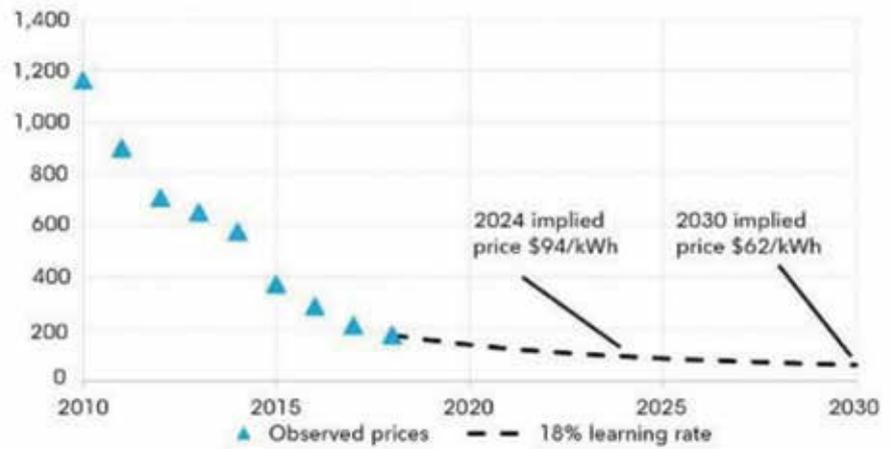


Figura 2 – Estimativa de redução da precificação das baterias íon-lítio em nível mundial em US\$ por ano (BNEF, 2019)

off-grid estão aptos para a recepção dessa tecnologia.

Desse modo, a estimativa geral dita que, nos próximos anos, a utilização dessa tecnologia esteja em ampla escala, diminuindo o impacto da intermitência dos painéis no sistema, tanto em nível micro quanto macro. Segundo estimativas da IEA, a capacidade de armazenamento instalada global deve se expandir 56% nos próximos cinco anos para atingir 270 GW até 2026. O principal fator, ainda segundo a IEA, é a crescente necessidade de flexibilidade e armazenamento do sistema em todo o mundo para utilizar e integrar totalmente partes maiores das energias renováveis em sistemas de energia.

### Bibliografia

<sup>1</sup>Finotti, A.S., Almeida, M.P., Zilles, R. "Simulação do uso de baterias adotando a

tarifa branca para microgeração fotovoltaica de classe residencial", Universidade de São Paulo, Instituto de Energia e Ambiente. São Paulo, abril de 2018.

Empresa de Pesquisa Energética. "Sistemas de Armazenamento em Baterias Aplicações e Questões Relevantes para o Planejamento". Brasília, novembro de 2018.

Rydh, C. J., Sandén, B. A. "Energy analysis of batteries in photovoltaic systems. Part I: Performance and energy requirements" *Energy Conversion and Management* 46 (2005) 1957–1979. Suécia, dezembro de 2004.

Rydh, C. J., Sandén, B. A. "Energy analysis of batteries in photovoltaic systems. Part II: Energy return factors and overall battery efficiencies" *Energy Conversion and Management* 46 (2005) 1957–1979. Suécia, dezembro de 2004.



# Sistemas de Gerenciamento Inteligente de Ativos

## Introdução

As empresas do setor de energia elétrica são consideradas como ativo-intensivas, ou seja, elas dependem de seus ativos físicos para gerar valor e desempenho para o seu negócio, e por isso, o processo de tomada de decisão, realizado ao longo do ciclo de vida de seus ativos, é baseado no equilíbrio entre os custos, riscos e desempenho.

A gestão do ciclo de vida dos equipamentos críticos é fundamental para o processo de gestão de ativos, uma vez que auxilia no atendimento dos requisitos regulatórios, na avaliação dos riscos, investimentos e oportunidades, além de contribuir no atendimento de compromissos e critérios de sustentabilidade ambientais, sociais e de governança (ESG) e no suporte para a tomada de decisões dentro de uma organização.

Neste contexto, a utilização de Sistemas de Gerenciamento Inteligente de Ativos (Intelligent Asset Management - IAM) torna-se um grande facilitador da gestão de ativos permitindo a otimização do desempenho, monitoramento em tempo real, diminuição dos tempos de inatividade não planejados e estendendo a vida útil dos equipamentos. Os sistemas

IAM aproveitam tecnologias da Indústria 4.0 tais como inteligência artificial (IA), aprendizado de máquina (ML), Internet das Coisas (IoT), gêmeos digitais e análise de dados para tornar o gerenciamento de ativos mais eficiente e econômico.

Os principais componentes e conceitos do IAM incluem:

## Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva permite a programação da manutenção antes que ocorra a falha de um ativo, reduzindo o tempo de inatividade e os custos de manutenção. Pode prevenir e eliminar falhas não planejadas calculando a integridade dos equipamentos usando análises avançadas de aprendizado de máquina para detectar as mudanças mais sutis no comportamento.

A manutenção preditiva requer a utilização de sensores e o monitoramento ininterrupto de equipamentos e é impulsionada pela transformação digital. Como pode ser visto na figura a seguir, o uso da tecnologia, associada às técnicas de manutenção e a análise de dados, causou uma enorme evolução em relação às estratégias de manutenção convencionais.

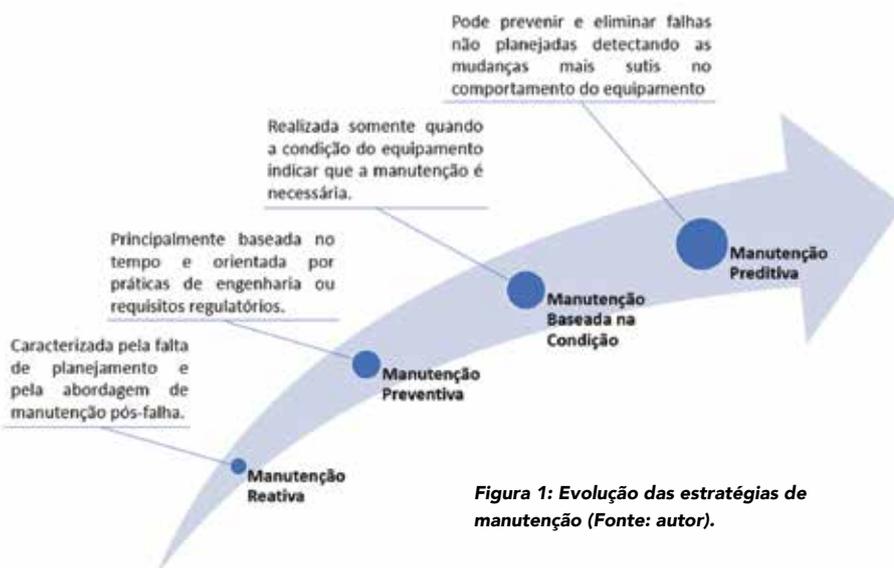


Figura 1: Evolução das estratégias de manutenção (Fonte: autor).

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



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

(31) 3317-5150

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

exponencialmg

www.exponencialmg.com.br

Produtor Homologados CEMIG

Compre com seu cartão  
**BNDES**



Figura 2: Centro de Monitoramento de Ativos (Fonte: Autor)

O monitoramento em tempo real dos equipamentos, quando associado a um Centro de Monitoramento de Ativos, permite alavancar a experiência das equipes técnicas usando a tecnologia para eficiência da manutenção preditiva para detectar e mitigar possíveis falhas de equipamentos.

## Sensoriamento de ativos

O sensoriamento inteligente, alavancado por dispositivos IoT, permite o monitoramento da condição dos ativos em tempo real. Em alguns casos também podem ser utilizados IEDs (Intelligent Electronic Devices) que, além da função de monitoramento, são capazes de realizar

funções de comando, controle, proteção dos ativos elétricos nas instalações de geração, transmissão e distribuição de energia.

Abaixo, temos alguns parâmetros que podem ser monitorados pelos sensores e auxiliam no processo de IAM:

- Temperatura do óleo
- Temperaturas dos enrolamentos (hot-spot)
- Umidade e saturação relativa do óleo dos transformadores
- Capacitância e tangente delta das buchas
- Hidrogênio dissolvido no óleo
- Correntes e tensões de carga
- Nível do óleo do transformador
- Nível do óleo dos comutadores

## Gêmeos Digitais (Digital Twins)

Um gêmeo digital é uma representação virtual de um ativo ou processo físico que pode ser aplicado em todo o seu ciclo de vida, além de ser utilizado para monitorar e simular seu desempenho, possibilitando tomadas de decisão assertivas. Eles podem auxiliar as empresas na simulação de condições extremas, sem que haja qualquer impacto que possa afetar a vida útil do ativo ou as receitas por ele geradas. Para garantir a modelagem precisa, são utilizados dados aquisitados de sensores inteligentes instalados nos ativos físicos para determinar o desempenho em tempo real, as condições de operação, os impactos da alteração de variáveis

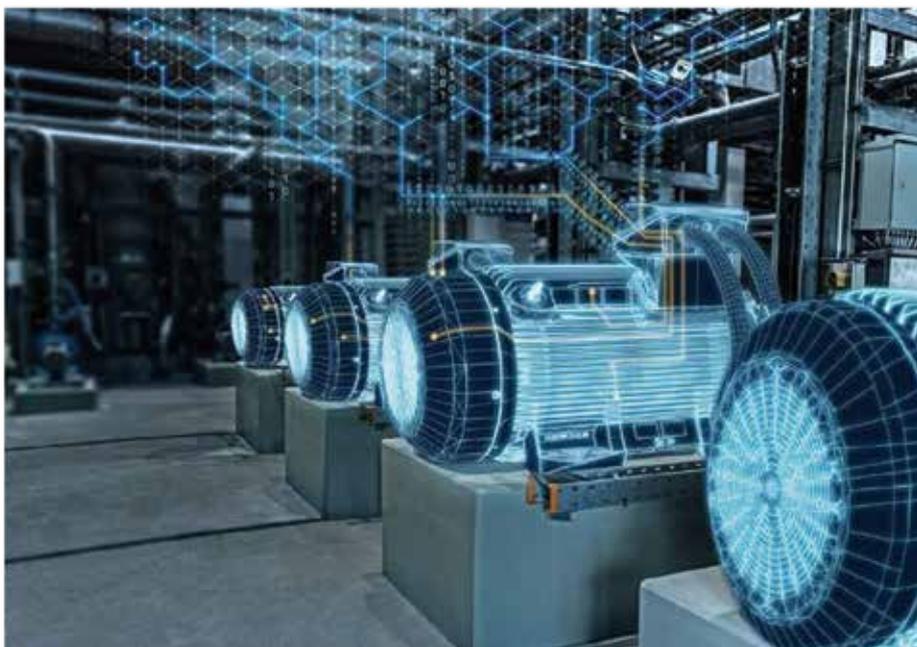


Figura 3: Gêmeo digital (Fonte:[2])

operacionais e as mudanças ocasionadas pelo envelhecimento do ativo.

## Data Analytics

O data analytics consiste no processo de coleta e análise de dados de ativos, provenientes de várias fontes (datalakes, sensores, sistemas de monitoramento, sistemas SCADA, e outras) para obter insights e tomar decisões estratégicas sobre sua operação e manutenção.

As técnicas e processos de análise de dados podem ser automatizadas através de algoritmos de inteligência artificial de forma que um grande volume de dados brutos possa ser consumido, sem a interferência humana, gerando assim um arcabouço de informações que irão auxiliar na tomada de decisão das áreas técnicas e administrativas.

## Big Data

Quando se fala em IAM não pode ser esquecido o Big Data. O Big Data refere-se a conjuntos de dados tão grandes e complexos que não são facilmente manipulados usando as ferramentas de

banco de dados comumente disponíveis.

Atualmente as empresas do setor elétrico possuem à sua disposição uma grande quantidade de dados provenientes de várias fontes, mas não são usados de forma eficiente, devido a uma série de razões que vão desde a qualidade dos dados adquiridos, até a disponibilidade de ferramentas e poder computacional para processá-los.

Com o uso da tecnologia de Big Data, que utiliza computação em nuvem, IoT, a computação granular e até mesmo a computação quântica, será possível usufruir dos dados disponíveis de forma a descobrir com eficácia os padrões, tendências e conexões sutis que permitem o diagnóstico do status dos ativos e das falhas de seus componentes.

## Conclusão

A implantação de sistemas de Gerenciamento Inteligente de Ativos (IAM) pode impulsionar a gestão de ativos das empresas do setor elétrico a um novo patamar de eficiência e de práticas empresariais sustentáveis. Com a utilização dos sistemas IAM, associados a um Centro

de Monitoramento de Ativos, poderá ser possível tomar decisões mais inteligentes sobre quando e onde a manutenção deve ser realizada, o que resulta em custos de manutenção menores, com melhor planejamento.

Com isso, além dos ganhos financeiros, estratégicos e operacionais, as organizações diminuirão os impactos ambientais, sociais e de governança, ocasionados por um sinistro de um ativo ou do seu descarte prematuro, que pode levar a uma perda de alimentação de energia em uma cidade, ou até mesmo provocar um impacto ambiental devido a contaminação de óleo.

## Referências

- [1] KHUNTIA, Swasti R.; RUEDA, Jose L.; MEIJDEN, Mart A.M.M. van der. *Smart Asset Management for Electric Utilities: Big Data and Future*. Disponível em: < <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1706/1706.09711.pdf> > Acesso em: 14 out. 2023.
- [2] Equipe Utilities Middle East. *Digitalisation is transforming the utilities sector through increased optimisation and Sustainability*. Disponível em < <https://www.utilities-me.com/power/digitalisation-is-transforming-the-utilities-sector-through-increased-optimisation-and-sustainability> > Acesso em: 14 out. 2023.
- [3] EMERICK, Natali da Costa; SILVA, Édison Renato P. *A Gestão de Ativos 4.0: Contribuição para Sustentabilidade. Gestão da Produção em Foco - Volume 27 - 1ª Edição*. Belo Horizonte: Editora Poisson, 2019.
- [4] *Soluções de operações de negócios para a transformação digital*. Disponível em < <https://www.ibm.com/br-pt/business-operations> > Acesso em: 15 out. 2023.

---

\*Ricardo Roscoe é engenheiro de redes de comunicação, tem MBA em Big Data pelo IBMEC. É formado em engenharia de redes de comunicação pela Universidade de Brasília – DF e atualmente trabalha no Centro de Monitoramento de Ativos da Eletrobras Eletronorte.

# Autoprodução de energia: indústrias brasileiras abraçam a sustentabilidade para alavancar seus negócios

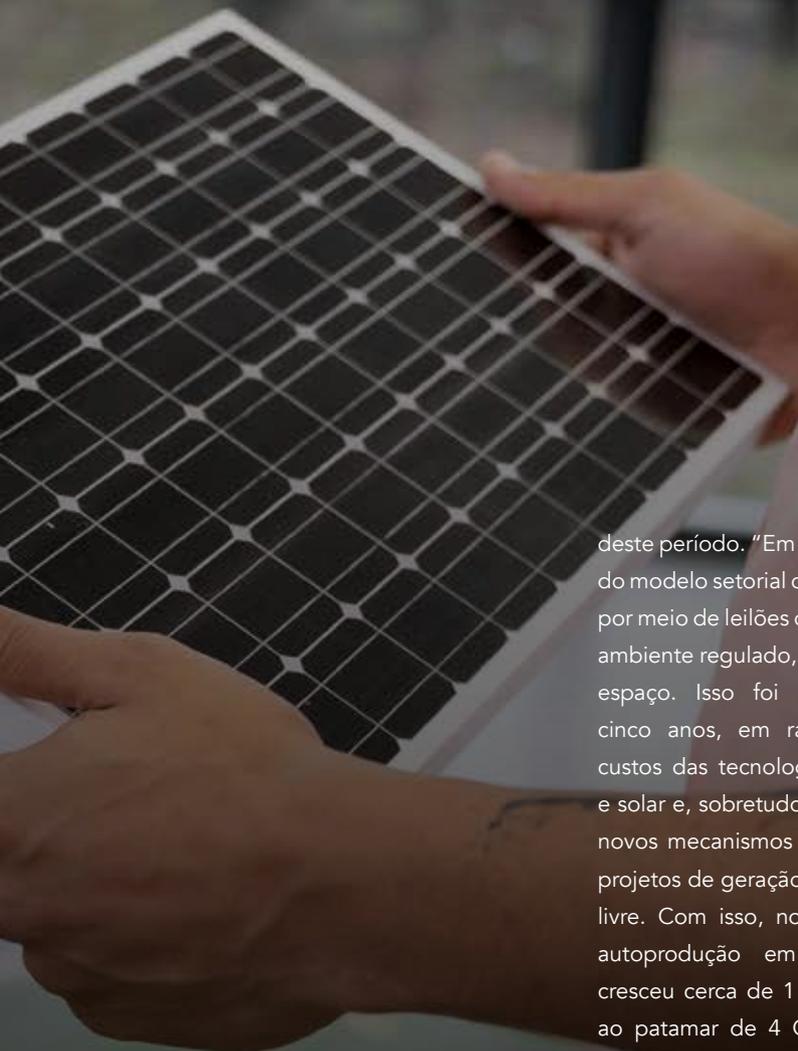
**Por meio da geração própria de energia, organizações abandonam o papel de coadjuvantes e passam a assumir o controle direto de sua produção energética, enviando uma clara mensagem de disposição para enfrentar os desafios do futuro**

No universo empresarial contemporâneo, três letras têm desempenhado um papel crucial na definição do futuro das organizações: ESG – um acrônimo em inglês para ambiental (Environmental), social (Social) e de governança (Governance). Tal conceito dispõe-se a representar um compromisso sério com práticas corporativas que visam a sustentabilidade, a responsabilidade social e a transparência na gestão. E em meio a tamanha mudança de padrões e condutas, o setor elétrico assume um papel fundamental, contribuindo para a transformação de antigas práticas energéticas.

Ainda neste contexto, é possível notar que a discussão não se limita mais apenas à urgência das empresas adotarem fontes de energia renovável, como passa a abordar também um outro paradigma, que tem ganhado cada vez mais destaque nas manchetes sobre as principais corporações da indústria: a autoprodução de energia. Por meio dela, diversas organizações abandonaram o papel de coadjuvantes e passaram a assumir o controle direto de sua produção energética, enviando uma clara mensagem de disposição para enfrentar os desafios do futuro.

Em um dos exemplos mais recentes

dessa tendência, a operadora Vivo anunciou, em outubro deste ano, um acordo com a Elera Renováveis para assumir quatro parques solares do Complexo Janaúba, em Minas Gerais – a maior usina de produção de energia solar do Brasil –, totalizando 237 MWp. Com a iniciativa, a companhia irá transferir 76% do seu consumo de energia, anteriormente do mercado livre, para a modalidade de autoprodução. Também em outubro, a AES Brasil, em parceria com a empresa química Unipar, anunciou a inauguração do Complexo Eólico Tucano, localizado nos municípios baianos de



Tucano, Biritinga e Araci. Contando com 52 aerogeradores, o empreendimento corresponde a 322 MW de capacidade instalada de energia renovável adicionados à matriz elétrica brasileira.

## Progressos, ajustes e a imprudência

De acordo com a Associação Brasileira dos Investidores em Autoprodução de Energia (ABIAPE), a autoprodução é um importante vetor de competitividade para a indústria há mais de um século, passando por momentos de altos e baixos ao longo

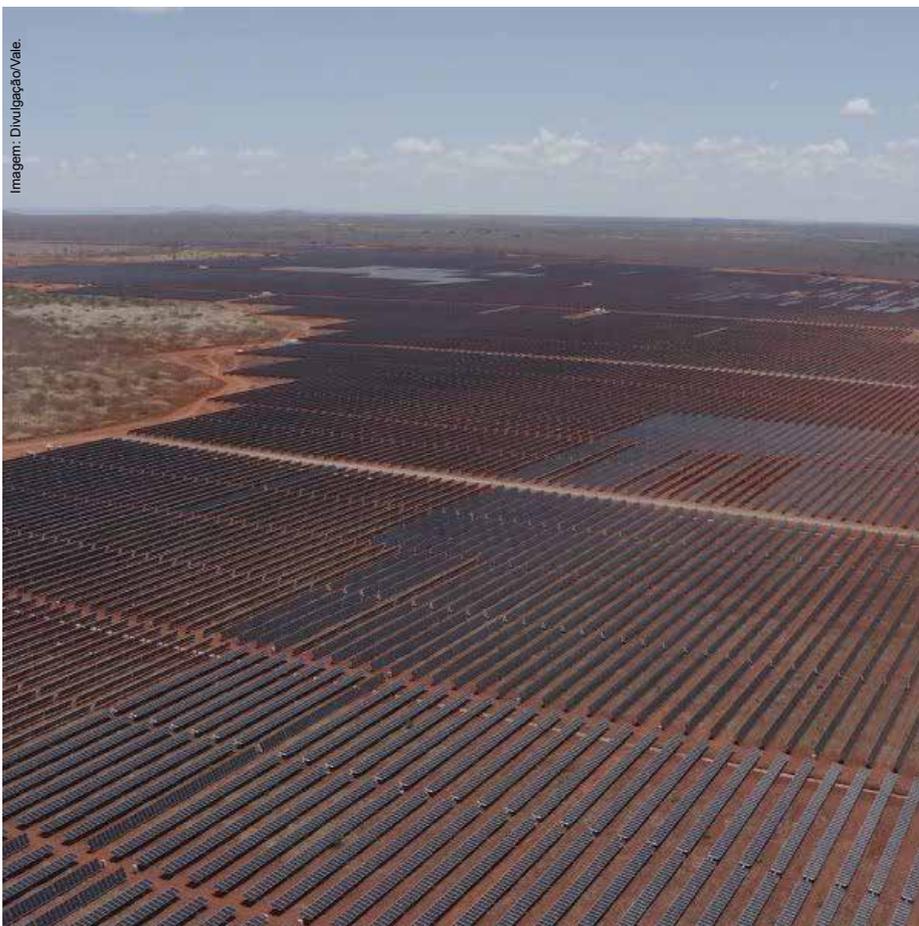
deste período. “Em 2004, com a introdução do modelo setorial de expansão da geração por meio de leilões de energia destinada ao ambiente regulado, o autoprodutor perdeu espaço. Isso foi revertido nos últimos cinco anos, em razão da redução dos custos das tecnologias de geração eólica e solar e, sobretudo, com o surgimento de novos mecanismos de financiamento para projetos de geração renovável no mercado livre. Com isso, nos últimos dois anos a autoprodução em operação comercial cresceu cerca de 1 GW médio, chegando ao patamar de 4 GW médios”, afirma o presidente da associação, Mário Luiz Menel da Cunha.

Apesar do cenário favorável, o executivo explica que o panorama da autogeração de energia pode enfrentar novas mudanças. “O crescimento dos encargos setoriais que não incidem sobre a autoprodução e a popularização de arranjos de autoprodução com baixa barreira de entrada começou a atrair outros perfis de consumidores, interessados principalmente em evitar o pagamento de encargos. A ABIAPE vem tratando o tema junto aos órgãos e entidades competentes, com o objetivo de ajustar as regras vigentes e, em especial, promover a redução estrutural de encargos

setoriais pagos pelo consumidor.”

Segundo Menel da Cunha, nos últimos anos, devido ao aumento substancial das tarifas de energia elétrica, algumas avaliações têm sugerido a inclusão dos autoprodutores no pagamento de encargos, com o intuito de ampliar a base de contribuintes e minimizar os efeitos individuais nas tarifas – ação que, na avaliação do gestor, se trata de uma imprudência. “Tal medida representa um subsídio cruzado perverso, impondo um peso significativo sobre as indústrias eletrointensivas, e, conseqüentemente, impactando negativamente a geração de empregos, renda e arrecadação tributária no Brasil”, lamenta.

Para o especialista, incluir a energia autoproduzida na base dos pagadores é transferir o pagamento de encargos do consumidor ao agente gerador. “A ABIAPE vem auxiliando os órgãos e entidades competentes com estudos técnicos sólidos que oferecem uma compreensão clara de como essa abordagem superestima os efeitos positivos que a medida teria sobre a redução da tarifa de energia elétrica e, ao mesmo tempo, negligencia seus impactos negativos econômicos, sociais e ambientais”, completa.



## Autoprodução de energia no Brasil: Projeto Sol do Cerrado

Investindo em geração própria de energia desde o final da década de 90, a mineradora brasileira Vale iniciou seu portfólio de autoprodução focada em usinas hidrelétricas e, nos últimos anos, passou a aplicar recursos também em energia eólica, através de sua subsidiária Aliança Geração de Energia. Recentemente, a multinacional deu mais um passo em direção à sustentabilidade energética com a implementação do Projeto Sol do Cerrado. Localizado no município de Jaíba, no estado de Minas Gerais, o empreendimento foi lançado em novembro de 2022 e atingiu a operação plena em julho deste ano, figurando como um dos maiores parques de

energia solar da América Latina.

“O projeto possui capacidade instalada de 766 MWpico e geração média de 193 MW. A energia é inserida no Sistema Interligado Nacional (SIN) para atender as demandas energéticas das nossas operações”, explica Virginia Perez, gerente de Eficiência Energética e Descarbonização da mineradora. Com 1,4 milhão de placas solares, o Sol do Cerrado tem capacidade para abastecer uma cidade de 800 mil habitantes – para se ter ideia da dimensão, seria praticamente possível suprir a demanda do município de Duque de Caxias, no Rio de Janeiro.

A especialista em gestão destaca que a planta solar integra um portfólio de energia renovável que está alinhado com os desafios ambientais mundiais e com o

objetivo da Vale de atender a 100% das suas operações com energia renovável no Brasil até 2025, e globalmente até 2030.

Ainda de acordo com Virginia, estudos ambientais realizados para o licenciamento do projeto revelaram a identificação de aproximadamente 2.700 hectares de áreas de relevância ambiental dentro do empreendimento. “Essas áreas foram devidamente cercadas, o que já vem viabilizando a recomposição da vegetação original. Juntas, elas servem como abrigo e deslocamento de exemplares da fauna, conforme observado em nossos monitoramentos ambientais. A ocorrência desses animais é um indicador de que o Sol do Cerrado vem favorecendo o processo de regeneração natural das áreas verdes em seu interior, contribuindo para a conservação da biodiversidade local”, enfatiza.

Do ponto de vista social, a gerente expressa com orgulho que aproximadamente metade da mão de obra empregada na iniciativa foi recrutada localmente, sendo 16% desse contingente composto apenas por mulheres. “Além disso, juntamente com nossos parceiros, implementamos programas de capacitações técnicas voltadas à montagem eletromecânica de usina fotovoltaica e outros temas, buscando preparar a comunidade local para o mercado de trabalho, como um legado permanente no território.”

## Transformações no setor de alumínio

No contexto global, a produção de alumínio faz parte de um dos setores que continua predominantemente dependente de energia elétrica gerada a partir da queima de carvão ou gás natural. No entanto, a Companhia Brasileira de Alumínio (CBA) tem se destacado ao adotar estratégias inovadoras, posicionando-se como uma referência no mercado.



**Através do investimento na autogeração de energia por meio de parques eólicos, a Companhia Brasileira de Alumínio (CBA) adquiriu capacidade instalada de geração suficiente para atender completamente sua demanda energética. Imagem: Reprodução/The Greenest Post.**

Atualmente, a empresa alcançou um marco significativo ao diversificar suas fontes energéticas – a maior parte da energia utilizada é proveniente de suas 17 hidrelétricas próprias e seis consorciadas, totalizando uma capacidade instalada de 1434 MW.

Desde janeiro deste ano, a CBA também incorporou em sua matriz a energia gerada pelos parques eólicos do complexo Ventos do Piauí II e III, localizados nos estados de Pernambuco e Piauí, com uma capacidade instalada de 171,6 MW. Com o início das operações dessas usinas, o potencial de geração da companhia tornou-se suficiente para atender a totalidade de sua demanda energética. Em situações específicas, a empresa participa do mercado de compra e venda de contratos de energia, visando otimizar seu balanço energético.

“A CBA adquiriu a participação nos ativos de autoprodução de energia eólica em 2021, seguindo um planejamento de ampliação e diversificação da matriz de suprimento de energia da companhia, que considera a evolução do consumo que acompanha sua produção industrial e o

término de concessões de hidrelétricas. Em linha com essa estratégia de diversificação da matriz energética, a CBA tem estudado também outras opções de geração de fontes renováveis, como energia solar”, declara o diretor do Negócio Energia da companhia, Daniel Marrocos Camposilvan.

Quando questionado sobre os desafios que acompanham o desenvolvimento de iniciativas de autoprodução de energia, Camposilvan destaca que entram em pauta questões comuns a grandes projetos de infraestrutura, especialmente no que diz respeito à estruturação, obtenção das licenças e financiamento. “Podemos destacar inicialmente o desafio de estruturar o projeto, que foi vencido por meio da alocação adequada dos riscos entre os sócios, segregando o risco de desenvolvimento do projeto, de operação e de produção da energia entre o autoprodutor e parceiros no projeto.”

O diretor salienta que a obtenção de licenças para projetos enfrenta múltiplos desafios, abrangendo os âmbitos federal, estadual e municipal, tornando-se fundamental coordenar todas as autorizações necessárias, antecipar-se

para reunir todas as informações essenciais e elaborar relatórios de impacto sólidos.

## Rumo a um futuro sustentável

Diante do cenário apresentado até aqui, fica nítido que a autoprodução de energia emerge como um guia, apontando não apenas para a redução de custos, mas também para um futuro onde a economia se funde de maneira intrínseca com a sustentabilidade.

“A autoprodução é uma decisão individual da indústria, porém seus efeitos positivos transbordam para a sociedade, visíveis tanto na economia, no meio ambiente e nas comunidades locais. O autoprodutor é um importante indutor da expansão da geração de energia renovável nos dias de hoje, com relevância indiscutível para a descarbonização da indústria nacional, incluindo segmentos de difícil descarbonização. Por meio da autoprodução, o Brasil pode ser um dos líderes mundiais na produção de aço verde, alumínio verde, entre outros produtos com baixo, ou nenhum teor de carbono”, pondera Menel da Cunha.

## O ensaio de resistividade mínima de uma amostra de solo



Veja também  
este conteúdo  
em vídeo.

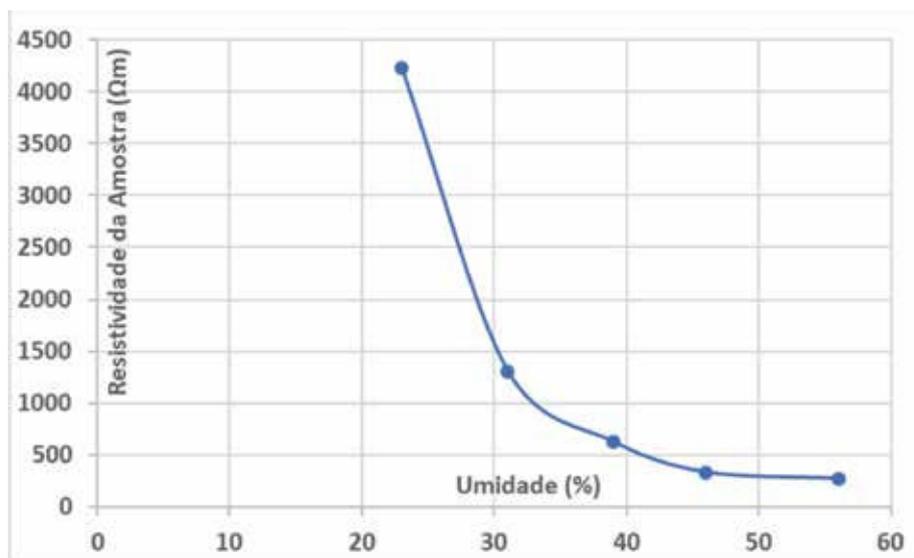
É possível, por meio de ensaios em laboratório, a construção da curva de resistividade de uma amostra de solo em relação à quantidade de água contida na amostra. A resistividade mínima do solo é a resistividade obtida na região de saturação desta curva, onde ocorre a total saturação dos poros da amostra com água. Esta região é caracterizada por valores constantes de resistividades, independente da adição de água. A resistividade mínima é um parâmetro característico para cada tipo de solo.

A determinação da resistividade mínima contribui para a identificação do tipo de solo, como - solo muito arenoso ou resistivo ( $> 20 \Omega\text{m}$ ), solo argiloso ou areno-argiloso (10 a  $20 \Omega\text{m}$ ) e solo orgânico e úmido ( $< 10 \Omega\text{m}$ ).

A resistividade mínima é um parâmetro característico de uma amostra, e não deve ser comparada com as resistividades obtidas com as sondagens usualmente utilizadas em projetos de aterramento (Wenner ou Schlumberger), que prospectam a resistividade média de grandes volumes de solo. A resistividade mínima de uma amostra de solo pode ser obtida a partir de uma amostra deformada, o que significa que ela não preserva a compactação e porosidade originais do ponto de coleta.

### Amostragem

Em uma rede de distribuição, por exemplo, recomenda-se um mínimo de três



Curva de resistividade da amostra x umidade (% em volume).

amostras de solo, nos pontos previstos para cravação das hastas de aterramento, com uma escavação entre 50 cm a 70 cm de profundidade. Retira-se do solo do fundo de cada buraco em amostra deformada, que é a amostra em que não há a preocupação de manter a compactação original do solo.

Para a avaliação de um tratamento do solo com um produto melhorador de resistividade, limpa-se a vegetação superficial, através de enxada, e recolhe-se uma amostra de solo com cerca de 1 kg, na profundidade do aterramento a ser tratado, por meio de uma sonda, de uma cavadeira articulada ou de um trado. As amostras devem ser colocadas em

sacos plásticos e devidamente identificadas. A amostragem pode ser feita em qualquer época do ano, preferivelmente com o solo seco.

Após a coleta e antes da análise em laboratório, a amostra de solo deve ser mantida em local frio para retardar possíveis alterações devido a reações químicas e biológicas. No caso do transcurso da amostra até o laboratório for feito após 24 horas da coleta e/ou caso a amostra tenha sido coletada em um período de chuva, recomenda-se deixar o saco plástico com a boca aberta para que a amostra seque, reduzindo a possível alteração devido à

atividade microbiológica. Não se deve deixar a amostra para secar ao sol assim como acrescentar água na amostra.

### **Processamento das amostras**

Quando a amostra chega ao laboratório é necessário protocolar o material recebido, secar, destorroar e peneirar o solo. O protocolo deve mencionar a data em que a amostra chegou, além de criar o número de registro. A amostra deve ser armazenada no laboratório em câmara úmida, com temperatura constante e umidade controlada, de onde será removida apenas para a realização dos ensaios. A secagem do solo deve ser feita em estufa, em uma bandeja de ferro, por 24 horas, à temperatura de pelo menos 60 °C. Finalizada a secagem, o solo deve ser transferido para um recipiente onde será destorroado e, em seguida, processado em peneira de 2 mm de abertura.

A caixa-padrão, também chamada de "Soil Box", é uma caixa retangular com um volume equivalente a cerca de meio litro, que possui as extremidades fechadas por duas placas de cobre que atuam como um par de eletrodos de corrente em contato com a amostra. A caixa-padrão possui um fator geométrico, com unidade de metro, que é determinado pela relação da área/espacamento das duas placas de cobre. A caixa-padrão deve ser mantida limpa, sendo a limpeza realizada após o término dos trabalhos.

A pressão e a temperatura são fatores que influenciam a obtenção de um desempenho satisfatório das medidas. Recomenda-se manter a pressão e temperatura nas condições-padrão, isto é, pressão próxima de uma atmosfera e temperatura próxima de 25 °C.

### **Ensaio de resistividade em laboratório**

#### **a) Determinação da umidade**

Para obtenção da porcentagem de água da amostra de solo, pesa-se a cápsula vazia

e ela com a amostra. Em seguida a cápsula contendo a amostra é colocada em estufa a 60 °C. Após pelo menos 30 min, retira-se a cápsula da estufa, deixa a cápsula esfriar e faz-se a leitura do peso da amostra seca, juntamente com a cápsula, e exprime-se em porcentagem de perda de peso, devido à evaporação da água.

#### **b) Ensaio propriamente dito**

Seleciona-se 500 g da amostra seca, que deve passar pela peneira de 2 mm. Para o ensaio, retira-se do volume peneirado o suficiente para encher a caixa padrão, que comporta próximo de 300 gramas de solo seco. As placas metálicas da caixa padrão devem estar totalmente cobertas pelo solo antes de se aplicar a injeção de corrente na amostra. Aplica-se uma tensão variável entre as placas, por meio de uma fonte CA ou varivolt. Variando a tensão aplicada de 0 V a 100 V, mede-se a intensidade da corrente (em mA). A partir da inclinação da reta I vs E, passando pela origem, obtém-se a resistência para adição de água efetuada. A partir do fator geométrico obtém a resistividade para adição de água efetuada.

Em seguida, adiciona-se água destilada na proporção de 5% (50 ml) em volume, em relação ao volume do material seco, homogeneiza-se a mistura, transfere parte desse material para a caixa padrão e mede-se novamente a resistividade. Efetuar adições sucessivas de água com incremento de 5% (50 ml), medindo-se os valores de resistividade para cada teor de água acrescentada, até a completa saturação da amostra. Com estes valores, traça-se a curva resistividade x umidade (em percentual da água/volume da amostra).

Observar que, quando a amostra está seca, a resistividade é muito alta, decrescendo rapidamente com a adição de água, até alcançar o ponto de saturação.

Após o ponto de saturação, a resistividade permanece constante no seu valor mínimo.

### **Ensaio em solo tratado**

Aditivos para o solo são tipicamente empregados para a redução da resistividade do solo nas valas de condutores e no entorno de hastes de aterramento. Podem ser utilizados também para melhorar o contato dos condutores de aterramento com solos pedregosos.

Quando se aplica o tratamento em um aterramento, observa-se a redução da resistividade do solo tratado e alterações da sua umidade. Em termos percentuais, a redução a ser obtida será maximizada quanto maior for a resistividade do solo original.

Para o solo tratado, o ensaio pode fornecer os valores de resistividades obtidos para os períodos de 7, 14 e 28 dias de cura das amostras. Esta comparação é muito importante para que o fabricante ou o usuário possa comprovar a eficiência do produto, antes da sua aplicação no campo.

Além do ensaio de resistividade mínima, também podem ser elaborados laudos relativos à agressividade dos aditivos contidos no solo tratado, no que diz respeito à corrosão dos materiais de aterramento, e à toxicidade para as águas subterrâneas.

---

*\*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.*

*\*José Maurílio da Silva é pesquisador, doutor em físico química, especialista em corrosão pelo solo, trabalhou no Lactec e é membro da CE 03:102 – Comissão de estudos de "Segurança em Aterramento Elétrico de Subestações C.A", que faz parte do Comitê Brasileiro de Eletricidade (CB-03), do Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Iluminação e Telecomunicações (Cobei).*

## Análise dos impactos associados às ocorrências de variações de tensão de curta duração na operação de uma planta industrial de papel e celulose

Distúrbios caracterizados por desvios no valor eficaz das tensões são um dos problemas relacionados à qualidade da energia elétrica, sendo responsáveis pelos maiores impactos na operação de consumidores industriais. Dentre esses distúrbios, pode-se citar as Variações de Tensão de Curta Duração (VTCD), cuja causa mais recorrente são as faltas que ocorrem nos sistemas de transmissão e distribuição [2]. Um artigo técnico [1] apresentado na XV Conferência Brasileira sobre Qualidade da Energia Elétrica - XV CBOEE, realizada em São Luís (MA), de 04 a 06 de setembro de 2023, avaliou o referido tema, com o objetivo de apresentar uma análise das VTCDs envolvendo seu impacto no sistema elétrico de uma planta industrial de produção papel e celulose.

No contexto da operação de processos industriais, durante eventos de VTCDs, equipamentos eletrônicos sensíveis são os mais afetados, como por exemplo, controladores e inversores de frequência. Geralmente esses dispositivos estão associados a processos

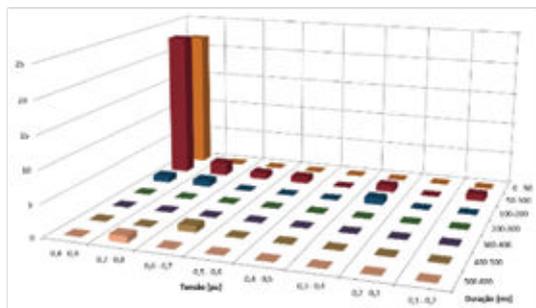
que apresentam certo grau de complexidade e podem demandar um tempo considerável para retomada do processo, caso existe uma parada.

O impacto das VTCDs durante as perturbações ou condições de falta, dependerá, fundamentalmente, da magnitude e duração dos distúrbios até que os dispositivos de proteção eliminem a falta e restabeleçam as condições normais de operação. No Artigo Técnico de referência [1] foram avaliados eventos de VTCDs detectados no ponto de conexão entre o Sistema Interligado Nacional (SIN), em 440 kV, e uma planta industrial responsável pela fabricação de papel e celulose, a fim de observar a influência desse tipo de distúrbio em um processo produtivo contínuo, que utiliza turbogeradores para geração de energia elétrica e exportação do excedente.

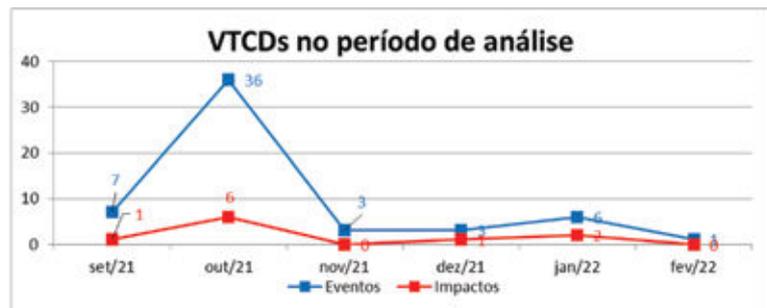
A análise foi realizada a partir de dados históricos de medições de tensão no período de cinco meses, no ponto de conexão em 440 kV da rede básica com o sistema elétrico interno da indústria. A partir desses dados, foi apresentada a caracterização dos eventos por

meio da relação do número de ocorrências, as quais foram organizadas e agregadas, em função da magnitude das variações e suas respectivas durações. Também foram relacionados os registros de VTCDs e seus impactos diretos ao setor produtivo durante os períodos de monitoramento. Ao todo, no período mencionado, foram registrados 56 eventos de VTCDs no sistema de 440 kV, os quais resultaram em dez impactos que afetaram diretamente o setor produtivo na planta.

Após as análises dos eventos, foi realizada uma comparação dos eventos de VTCDs (em magnitude e duração) com as curvas de sensibilidade [6] dos inversores de frequência presentes no sistema, que foram afetados durante as perturbações registradas, e a curva de desempenho durante afundamentos de tensão definida pelo ONS. Assim, as interrupções do processo produtivo por variações momentâneas de tensão foram avaliadas, juntamente a uma proposta para mitigar esses problemas operacionais. As Figuras 2 (a) e (b), mostram



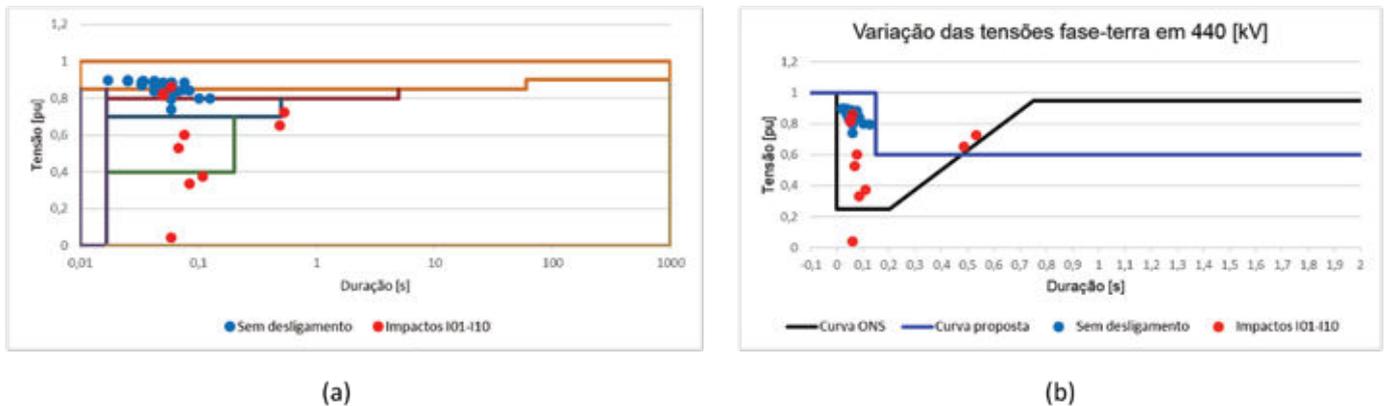
1 A



1 B

Figura 1 A - Mostra o perfil das variações de tensão, em função do número de eventos por faixa de magnitude e duração e a evolução dos eventos e desligamentos no período em análise.

Figura 1 B - Histograma das ocorrências de VTCDs em função do tempo de duração no sistema elétrico em 440 kV e a evolução dos eventos e desligamentos durante o período de análise.



**Figura 2 (a) - Comparação dos eventos de VTCD que resultaram em desligamentos e as curvas de sensibilidade dos inversores.**  
**Figura 2 (b) - Comparação entre a curva de referência do ONS e a proposta de curva para os afundamentos de tensão fase-terra.**

os registros das ocorrências de VTCDs em relação às faixas de sensibilidade dos inversores e os eventos de VTCDs (magnitude, em pu, e duração, em segundos) e a comparação entre as curvas de referência do ONS e a nova curva proposta para operação do sistema.

Ao decorrer dessa análise, esgotadas todas as ações de condicionamento interno, constatou-se que caso não exista um sistema que provoque o desacoplamento entre os sistemas de geração da indústria com o processo contínuo e o Sistema Interligado Nacional, as perturbações relacionadas a VTCDs podem resultar em desligamentos intempestivos da unidade industrial. Durante o registro de afundamentos de tensão, foram detectados desligamentos dos inversores nos sistemas internos relacionados diretamente às VTCDs, ressaltando a sensibilidade e criticidade dessas cargas.

É interessante notar que mesmo que os afundamentos não superassem os limites definidos pelo ONS, ocorreram impactos significativos nas instalações, sendo importante a análise de sua propagação através dos transformadores internos ao sistema de distribuição industrial. Por se tratar de um processo contínuo, este tipo de ocorrência implica em grandes perdas de produção, geração de resíduos, parada no sistema de geração e, conseqüentemente, consumo de energia para reiniciar o processo produtivo. Além de se explorar todos os recursos técnicos

internos e características de suportabilidade dos equipamentos, pode-se propor como alternativa para evitar este tipo de problema o ilhamento do sistema interno em relação ao SIN, através da proposta de modificação da curva de desempenho do ONS (Fig. 2 b). Dessa forma, foi realizada uma análise crítica global deste tipo de distúrbio, suas conseqüências e propostas de adequação, através do refinamento dos sistemas de proteção e/ou do aumento da suportabilidade das cargas críticas que podem resultar em diversos problemas operacionais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Santos, G. R.; Jesus, N. C *Análise dos Impactos Associados às Ocorrências de Variações de Tensão de Curta Duração na Operação de uma Planta Industrial de Papel e Celulose*. In: XV CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA, 2023, São Luís, MA.
- [2] Dugan, C. Roger; McGrabaghan, F. Mark; Santoso, Surya; Beaty, Wayne, H.; "Electrical Power Systems Quality", McGraw-Hill; Second edition; 2002.
- [3] D. D. Sabin, T. E. Grebe and A. Sundaram, "RMS voltage variation statistical analysis for a survey of distribution system power quality performance," IEEE Power Engineering Society. 1999 Winter Meeting (Cat. No.99CH36233), New York, NY, USA, 1999.
- [4] Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), *Procedimentos de Rede, Indicadores de qualidade de energia elétrica da Rede Básica*, Submódulo

- 9.7, revisão 2020.12, vigência 08/12/2020.
- [5] IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality, in IEEE Std 1159-2019 (Revision of IEEE Std 1159-2009) , vol., no., pp.1-98, 13 Aug. 2019, doi: 10.1109/IEEESTD.2019.8796486.
- [6] IEC. *Adjustable speed electrical power drive systems - Part 3: EMC requirements and specific test methods: IEC 61800-3:2017*. February, 2017.
- [7] Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), *Procedimentos de Rede, Requisitos técnicos mínimos para a conexão às instalações de transmissão*, Submódulo 2.10, revisão 2021.08, vigência 31/08/2021.

- \*Gustavo Rodrigues dos Santos: Engenheiro Eletricista pela UNESP/FEG, trabalhando atualmente na GSI - Engenharia e Consultoria Ltda.
- \*Nelson Clodoaldo de Jesus, Engenheiro Eletricista pela UNITAU, Doutorando da UNIFEI, Vice-presidente da SBQEE, trabalhando atualmente como sócio e Gerente de Engenharia na GSI - Engenharia e Consultoria Ltda.
- \*Jéthero Mendes Machado, Engenheiro Eletricista pela UNIFEI, trabalhando atualmente como sócio consultor da GSI - Engenharia e Consultoria LTDA.
- \*João Roberto Cogo, Engenheiro Eletricista pela EFEI, Mestre pela UFSC e Doutor pela UNICAMP. Diretor da GSI - Engenharia e Consultoria Ltda.
- \*Willian Souza de Jesus: Engenheiro Eletricista pela UNITAU, trabalhando atualmente na GSI - Engenharia e Consultoria Ltda.
- \*Thiago Pereira Franco: Engenheiro Eletricista pela UNIFEI, trabalhando atualmente na GSI - Engenharia e Consultoria Ltda.



# SNPTEE: o palco dos grandes debates do setor eletroenergético brasileiro

**Maior evento do setor elétrico brasileiro, o SNPTEE registra mais de 50 anos de desafios e os avanços no setor elétrico nacional**

O Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica (SNPTEE), o maior evento da área de sistemas elétricos de potência do Brasil e da América Latina, é também o segundo maior evento do CIGRE Internacional, atrás apenas das Sessões Bienais de Paris. Com uma história que se estende por mais de quatro décadas, este seminário se destacou por sua capacidade de adaptação às mudanças no setor elétrico, incorporando novas tecnologias, metodologias e tendências. Ao longo dos anos, ele se tornou o mais relevante evento do Setor Elétrico Brasileiro.

Em 2023, o SNPTEE está prestes a fazer história mais uma vez. Esta edição promete ser a maior já realizada, com um número recorde de apresentações inscritas. Mais de 2.500 profissionais estarão presentes no evento, que se tornou um importante contexto de intercâmbio de informações, difusão de conhecimento e apresentação de novas tecnologias e processos no setor elétrico – isso o torna um farol de conhecimento e inovação, contribuindo significativamente para o desenvolvimento sustentável do setor elétrico no país.

O primeiro SNPTEE, realizado em 1972, foi um marco para o setor eletroenergético brasileiro. O evento, inicialmente coordenado pela Eletrobras e promovido em sistema de rodízio pelas empresas do setor elétrico com apoio do CIGRE-Brasil, foi o ponto de partida para uma jornada de conhecimento e inovação que perdura até os dias atuais.

O sucesso do SNPTEE ao longo dos anos não se deve apenas ao seu tamanho impressionante, mas também à sua capacidade de se adaptar às necessidades do setor e de

promover a colaboração entre diferentes partes interessadas. Este evento reúne especialistas de diversas áreas, permitindo a troca de informações e experiências. Esse intercâmbio é essencial para a disseminação de boas práticas, o desenvolvimento de tecnologias inovadoras e a busca por soluções para os desafios enfrentados pelo setor.

Como o mundo enfrenta desafios ambientais e a necessidade de transição para fontes de energia mais limpas, o SNPTEE desempenha um papel crucial na disseminação de informações sobre energias renováveis, armazenamento de energia e eficiência energética. Além disso, o seminário tem sido um catalisador para a pesquisa e o desenvolvimento no setor elétrico brasileiro. Universidades, institutos de pesquisa e empresas têm a oportunidade de apresentar suas iniciativas, estabelecendo parcerias e colaborações que impulsionam o progresso da área. Esse fomento à inovação é vital para o avanço tecnológico e a melhoria da eficiência operacional dos sistemas elétricos, resultando em benefícios tanto para as empresas quanto para a sociedade em geral.

A história do SNPTEE é marcada pelos avanços tecnológicos que moldaram o setor elétrico brasileiro. Ao longo dos anos, o evento acompanhou de perto transformações disruptivas, incorporando temas como automação, digitalização e a integração de fontes renováveis de energia. Isso reflete a capacidade de adaptação do evento às necessidades do setor, mantendo-o relevante e atual.

A importância do SNPTEE também se manifesta na sua contribuição para a construção

de políticas públicas e regulamentações. O evento proporciona um espaço para o debate sobre questões-chave, como a segurança do sistema elétrico, a regulação do setor e a expansão da capacidade de geração e transmissão. Discussões realizadas no SNPTEE muitas vezes contribuem para as decisões tomadas pelos órgãos reguladores e governamentais, moldando o cenário energético do país.

O SNPTEE 2023, realizado pela Eletronorte, é um exemplo brilhante do impacto deste evento. São mais de 120 marcas expositoras e mais de 500 apresentações técnicas. O seminário vai oferecer uma plataforma abrangente para profissionais, empresas e instituições do setor elétrico. Além disso, contará com três fóruns específicos: o IV Fórum de Mulheres, o III Fórum de CEOs e o lançamento da primeira edição do Fórum Acadêmico. Estas iniciativas refletem a importância de promover a inclusão e a diversidade no setor, além de criar espaços para discussões estratégicas e colaborativas.

O SNPTEE é um evento que não só se destaca pelo seu tamanho impressionante, mas também pela sua capacidade de promover o conhecimento, a inovação e a colaboração no setor elétrico brasileiro. À medida que o setor enfrenta desafios e oportunidades sem precedentes, o SNPTEE continua a ser um farol de conhecimento e um fórum essencial para aqueles que desejam moldar o futuro do setor eletroenergético brasileiro. Este evento não é apenas um marco histórico, mas também um símbolo do compromisso do Brasil em liderar a transição energética e construir um setor elétrico mais sustentável e eficiente.



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



Veja também este conteúdo em vídeo.



## “O inferno são os outros”

“Os nossos equipamentos não quebram NUNCA”. Essa afirmação, dita por um fornecedor de instrumentos para manutenção em cabos isolados, evidencia a famosa frase do filósofo francês Jean-Paul Sartre (1905 – 1980). Sartre entende que muitas pessoas não reconhecem suas falhas, preferindo atribuí-las a um fator externo qualquer. “O inferno são os outros” demonstra a dificuldade que o ser humano tem de assumir a responsabilidade sobre os seus atos.

De fato, os motivos que podem levar um equipamento de teste e medição de cabos isolados a falhar podem ser diversos: desde um problema no transporte ou no armazenamento dos instrumentos, até a maneira inadequada de realizar os testes de VLF (Very Low Frequency) e os ensaios de Tangente Delta e de Descargas Parciais, seja em concessionárias de energia, usinas eólicas e solares ou até nas indústrias. Entretanto, atribuir 100% dos problemas aos clientes e não assumir qualquer responsabilidade sobre eventuais falhas é concluir que Sartre acertou bem na elaboração de seu pensamento.

Relembrando os ensinamentos do “pai do controle estatístico de qualidade”, o físico, engenheiro e estatístico Walter Shewhart, por menor que seja a probabilidade de falhas em um processo conduzido no estado da arte, ela existe. Fornecedores que negam esse fato e afirmam que seus equipamentos nunca quebram negligenciam qualquer ação pós-venda que garanta a disponibilidade de

seus produtos e a satisfação do cliente final. Conseqüentemente, também não arcam com os custos provenientes de uma estrutura adequada para realizar manutenções e calibrações e da contratação de equipe qualificada para isso, podendo exercer suas atividades com um custo operacional extremamente baixo.

Por outro lado, fornecedores atentos aos ensinamentos de Shewhart, que assumem a responsabilidade por eventuais problemas, mesmo que trabalhem com ferramentas sofisticadas de qualidade e de produção, como o Six Sigma, a ISO 9000 e o Lean Manufacturing, preparam-se para cenários como esses com uma estrutura de pós-venda robusta. Isso significa treinar os clientes para as melhores práticas de operação dos seus equipamentos, contratar uma equipe de engenharia altamente qualificada para lidar com os mais diversos eventos, contar com uma infraestrutura preparada para realizar manutenções e calibrações constantes, entre outros aspectos que, certamente, refletem no custo final dos produtos.

Quando um equipamento de teste e medição de cabos isolados se torna inoperante ou apresenta defeitos durante a operação, o cliente que apostou e investiu em um fornecedor preparado para dar um suporte adequado no pós-venda certamente estará bem assistido e sentirá o retorno do investimento em seus resultados. Os que se guiam apenas pelo preço terão de contar

com a sorte e, caso o instrumento falhe, deverão culpar o fornecedor por estarem desassistidos de qualquer suporte. Como bem diz Sartre, “o inferno são os outros”, e não aqueles que não deram a devida importância na hora de contratar os parceiros certos para suas operações.

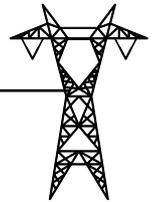
**“OS NOSSOS EQUIPAMENTOS NÃO QUEBRAM NUNCA”. ESSA AFIRMAÇÃO, DITA POR UM FORNECEDOR DE INSTRUMENTOS PARA MANUTENÇÃO EM CABOS ISOLADOS, EVIDENCIA A FAMOSA FRASE DO FILÓSOFO FRANCÊS JEAN-PAUL SARTRE (1905 – 1980). SARTRE ENTENDE QUE MUITAS PESSOAS NÃO RECONHECEM SUAS FALHAS, PREFERINDO ATRIBUÍ-LAS A UM FATOR EXTERNO QUALQUER. “O INFERNO SÃO OS OUTROS” DEMONSTRA A DIFICULDADE QUE O SER HUMANO TEM DE ASSUMIR A RESPONSABILIDADE SOBRE OS SEUS ATOS.**



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



Veja também este conteúdo em vídeo.



# Tema de hoje: Corrente de falta à terra em Transformadores Dyn e YNyn

O entendimento da magnitude e de como a corrente de falta à terra circula no sistema elétrico é de vital importância para o engenheiro de proteção.

A falta à terra é uma corrente desequilibrada e assimétrica, o que significa que não tem o mesmo valor nem a mesma defasagem angular nas três. Assim, utiliza-se da teoria das componentes simétricas, cujo desenvolvimento leva à associação série dos três circuitos de seqüência.

O transformador Dyn é o mais comum em sistemas elétricos industriais e consequentemente o mais conhecido. A Figura 1 mostra o diagrama unifilar e o de seqüência zero para este tipo de transformador.

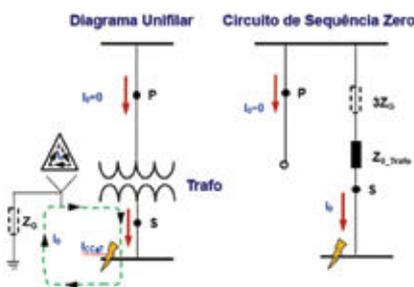
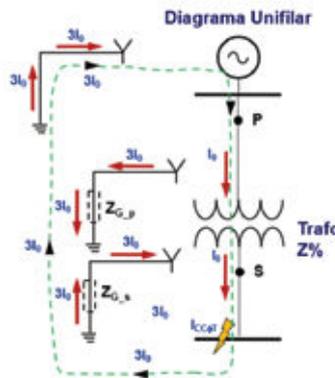


Figura 1 – Unifilar e circuito de seqüência zero e circulação de corrente de seqüência zero para transformador DYN

Como pode ser observado, para um curto-circuito do lado secundário, não existe passagem da corrente de seqüência zero do primário para o secundário, ou seja, a corrente de seqüência zero circula no lado secundário e fica confinada dentro do delta no primário, não circulando corrente de seqüência zero na linha no primário (fora do delta). Isso significa que a proteção do transformador terá que ser feita pela proteção de fase, pois a proteção de terra

não irá enxergar a corrente de seqüência zero. É por esse motivo que a curva de dano do transformador é deslocada de 0.58 (1/√3) na folha de seletividade.

Uma outra conexão pouco menos frequente é a do transformador YNyn. Neste tipo de conexão a corrente de seqüência zero tem passagem do primário para o secundário quando o neutro de ambas as estrelas está aterrado. A Figura 2 ilustra esta situação.



Explana-se a seguir, como deve ser interpretado este tipo de conexão, bem como o respectivo circuito de seqüência zero.

Para melhor entendimento deve-se imaginar o transformador YNyn como se fosse

um transformador de três enrolamentos, onde o terceiro enrolamento fosse um enrolamento virtual conectado em delta, como mostrado na Figura 3, seguinte.

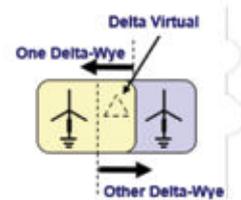


Figura 3 – Delta virtual para o transformador YNyn.

A Figura 4 mostra o diagrama de seqüência zero para esta situação.

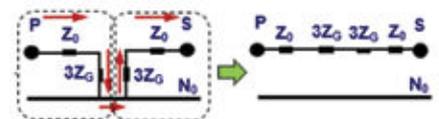


Figura 4 – Diagrama de seqüência zero para transformador YNyn aterrado dos dois lados.

Como pode ser observado, com este delta virtual, fica claro tanto o circuito de seqüência zero, como as direções de circulação da corrente de terra.

Para valores de seqüência zero existem várias literaturas. Apresenta-se na Tabela 1 os valores recomendados pelo livro da BBC de Portugal/ABB Switchgear Manual.

Tabela 1 - Relação Zo/Z1 para Transformadores Trifásicos (Tabela 4-14 – BBC Portugal [54]) e ABB SWG Manual [67]

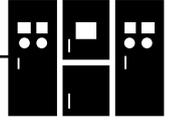
	P	↓	↓	↓	↓	↓
Conexão do Transformador	S	Δ	Y	Y	Y	Δ
T						Y
Núcleo com 3 colunas	P	0.7 ... 1	3 ... 10	3 ... 10	=	1 ... 2.4
S/T			=	=	0.1 ... 0.15	=
Núcleo com 5 colunas	P	1	10 ... 100	10 ... 100	=	1 ... 2.4
S/T			=	=	0.1 ... 0.15	=
3 Transformadores Monofásicos	P	1	10 ... 100	10 ... 100	=	1 ... 2.4
S/T			=	=	0.1 ... 0.15	=



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



Veja também este conteúdo em vídeo.



## Eficiência energética das instalações elétricas- Parte 2

Quando falamos em eficiência energética, o que normalmente nos vem à cabeça é a racionalização do emprego da energia em seus usos finais, sejam eles cargas motóricas, resistivas, ou uma combinação delas, mas que de alguma forma, realize trabalho ou traga conforto ao usuário desta energia.

Como disse no primeiro capítulo desta série, "A energia mais barata, com menor impacto ambiental e mais eficiente que existe é a energia economizada".

Como propus, devemos incluir as instalações elétricas propriamente ditas, sejam os condutores em seus mais amplos aspectos como comprimento linear, material, forma e seção transversal, conexões e suas características elétricas e químicas. Também devemos incorporar a concepção dos projetos e confiabilidade esperada por eles, que reduz ou amplia substancialmente a quantidade de materiais inseridos e estes, suas perdas Joule, outras perdas por ruído, vibração, indução nas mais diversas formas de acoplamento magnético, indesejáveis aos circuitos elétricos mais eficientes.

Dando continuidade, gostaria de propor a discussão sobre o material de construção dos circuitos, não só do minério/ligas ou materiais isolantes, mas também sobre a qualidade do produto final.

Esse tema geralmente é polêmico, pois:

- Quem especifica o produto são os projetistas, que eticamente determinam as especificações gerais, mas não podem determinar marca ou modelo, para que haja livre concorrência;
- Quem compra, geralmente é um empreiteiro,

instalador ou construtor, cuja meta é comprar o mínimo para que o preço esmagado seja compatível com o preço que ele foi contratado para executar, ou seja, o custo da instalação é o mínimo que atenda a especificação pede, com a famosa "reengenharia". Cabe ressaltar que quem compra, na grande maioria das vezes, não é o dono do empreendimento nem quem irá operá-lo;

- Quem irá utilizar a instalação, geralmente não está envolvido no processo de construção, portanto, não participa da escolha dos materiais;
- Quem é o proprietário, geralmente pressiona muito o custo da construção para baixo, em geral, sem muito critério, forçando os construtores e instaladores a executar com o mínimo de qualidade possível, o que sobremaneira influencia a qualidade dos materiais, geralmente para baixo.

Como visto acima, o "sistema" tem uma lógica perversa. Por mais exigente que seja a especificação e o projeto, que nasceu das premissas estabelecidas entre projeto e desejo do proprietário, sempre haverá a lógica perversa do custo baixo "a qualquer custo".

Com base nessas premissas, como já falamos no artigo anterior, alguns modelos de certificação de instalações se preocupam com a racionalização do consumo da energia e também com alguns tópicos da qualidade da instalação, mas será que todas as possibilidades estão sendo avaliadas?

Vejamos o seguinte: A escolha de um condutor, por exemplo um barramento blindado ou um circuito de cabos, que atenda à máxima queda de tensão estabelecida pela

distribuidora em consonância com a NBR-5410, é realmente a melhor opção? Vejamos pelo lado da dissipação térmica. Se um circuito elétrico tem em grande parte das vezes, máxima queda de tensão estabelecida de 7% desde a transformação até a última carga, conforme a NBR-5410, será que admitir toda essa perda por dissipação térmica, ao longo do ciclo de vida útil da instalação, não custará mais caro que investir em uma instalação com máxima eficiência, cuja queda de tensão seja de 3,5%, que custará o dobro no investimento, mas que em 7 ou 8 anos, pelo consumo previsto, pagará este investimento e o resto da vida útil será "lucro"? Provoco mais: será que executar uma instalação cujo índice de manutenção, por escolher melhores produtos, aqueles com menos manutenção prevista, que custe o dobro, mas que tenha manutenção decenal prevista, contra produtos com manutenção anual. Em quantos anos o "OPEX" custará mais que o "CAPEX" daquele com menos manutenção?

Acrescentando os custos de manutenção, vejamos que todos os técnicos que se aproximam de instalações elétricas energizadas para operação e manutenção fazem jus à adicionais de periculosidade em seus vencimentos. Se você avaliar estes custos, acrescidos ao ciclo de vida da instalação, suas decisões de compra seriam diferentes?

Como disse ao longo deste artigo, será que a decisão de compra atual persegue o menor custo de instalação, operação e manutenção da instalação ao longo do ciclo de vida dela? Se a resposta acima foi não, sugiro que você leia a próxima edição e também procure estudar este assunto mais à fundo. Até breve!



Danilo de Souza é engenheiro eletricitista pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). É especialista em Energia e Sociedade pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), mestre em Energia e pesquisador no Instituto de Energia e Ambiente (IEE) da Universidade de São Paulo (USP). Danilo 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 | [www.profdanilo.com](http://www.profdanilo.com)



Veja também este conteúdo em vídeo.



## Sinfonia da Sustentabilidade: o ritmo lento das transições energéticas

Atualmente, quando se trata de energia e suas transições, o debate público é frequentemente carregado de otimismo, promessas e, às vezes, de informações erradas. O que precisamos neste momento é conhecer a real dimensão do problema, para atuar de forma objetiva e com maiores graus de acertos.

As inquietações acerca das repercussões do excessivo aquecimento global antropogênico (causado pela ação humana e geralmente definido como qualquer elevação da temperatura média da troposfera acima de 2 °C) têm elevado as transições energéticas a um tópico de crescente atenção. As emissões de carbono decorrentes das mudanças na cobertura do solo (principalmente devido à desflorestação tropical) e as emissões de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O (originadas em grande parte da agricultura e da pecuária) com clorofluorcarbonetos, contribuem de maneira significativa para o forçamento radiativo antropogênico global, porém as emissões de CO<sub>2</sub> resultantes da combustão de combustíveis fósseis permanecem como a principal fonte. Dessa forma, um aumento adicional da temperatura não poderia ser restringido sem uma descarbonização contínua do suprimento global de energia. E o mais preocupante é que, além de a matriz energética mundial ser predominantemente fóssil (76,7%) atualmente, o consumo de

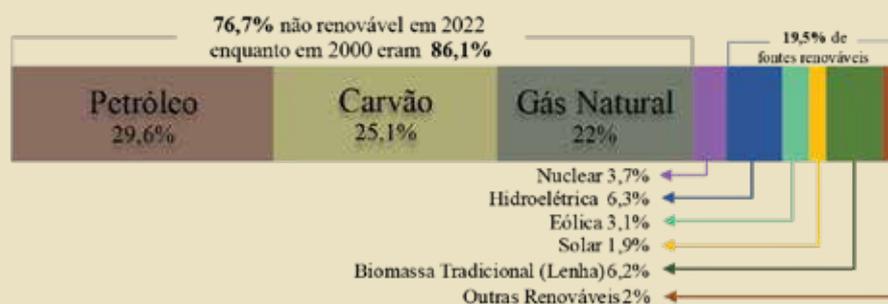
combustíveis fósseis tem crescido. É isso mesmo! Nos últimos 22 anos (2000-2022), o consumo de carvão aumentou 38%, o de petróleo, 19%, e o de gás natural, 40%. A inserção das renováveis no mix energético global apenas cresceu em ritmo mais acentuado que os fósseis. De maneira que a participação dos fósseis em valores relativos diminuiu 9,4% entre 2000-2022, mas, em valores absolutos, aumentou.

Primeiramente, é essencial entender que as transições energéticas não são novidade. Desde a Antiguidade, os *sapiens* sempre buscaram fontes de energia mais eficientes e eficazes. Seja a passagem da madeira para o carvão ou a revolução do petróleo, cada era teve sua própria transição, moldada por necessidades, inovações e circunstâncias geopolíticas.

A primeira grande transição pode ser registrada quando substituímos parte dos biocombustíveis (lenha) por carvão. Em alguns países europeus (Reino Unido, França, Alemanha), bem como nos EUA e

na China, foram necessários mais de 100 anos, desde as primeiras apropriações para usos nos sistemas produtivos, até que a utilização do carvão passasse de uma contribuição marginal para ser uma das bases do fornecimento de energia primária. É importante frisar que essa primeira transição, assim como as que se sucederam, e diferente da que estamos tentando construir, foi elaborada sobre os pilares do aumento da produtividade do trabalho, por meio da maior densidade energética que o carvão disponibilizou quando comparado com a bioenergia (biomassa - lenha).

No entanto, a atual transição energética é única em sua natureza e escopo. Ao contrário das transições anteriores, que foram impulsionadas pela busca de eficiência e abundância, a atual é estimulada pela necessidade de sustentabilidade e pela crescente preocupação com as mudanças climáticas. O objetivo não é apenas encontrar fontes de energia mais eficientes que sejam “ecologicamente



responsáveis", mas atuar também no transporte, na distribuição e no uso final dos recursos energéticos.

O desafio, porém, é monumental. Presentemente, nossa dependência de combustíveis fósseis é tão profunda que até mesmo pequenas reduções na combustão de carbono são difíceis de serem alcançadas.

Quando analisamos a matriz energética primária mundial, aproximadamente 75% dos recursos são fósseis (petróleo, carvão e gás natural). A situação é agravada pelo fato de que grande parte da humanidade, especialmente em países de baixa e média renda, ainda precisa de mais energia. O crescimento dos setores de energia renovável, como eólica e solar, é certamente um passo na direção interessante, mas, no ritmo que estamos, é insuficiente, e, devido ao fato de serem fontes intermitentes (fontes de fluxo), não poderão atender à crescente demanda sozinhas.

Além disso, embora países como Alemanha estejam fazendo esforços para reduzir sua dependência de combustíveis fósseis, a realidade é que a civilização global, como um todo, continua altamente dependente deles. Países em desenvolvimento, buscando industrialização e melhor qualidade de vida para seus cidadãos, inevitavelmente aumentarão sua demanda por energia, muitas vezes recorrendo às fontes mais facilmente disponíveis, como o carvão ou o petróleo.

A China, que lidera a inserção de renováveis em sua matriz elétrica, também está adicionando gigawatts de nova energia a carvão todos os anos. A procura por gás natural tem aumentado. Seja para usos industriais, seja para a aquecimento nas edificações nos países frios.

Em 2000 a Alemanha lançou um programa deliberadamente direcionado para descarbonizar o seu fornecimento de energia primária, um plano mais ambicioso do que qualquer outro visto em qualquer outro lugar. A política, chamada

Energiewende, funcionou por meio de subsídio governamental à eletricidade renovável gerada por células fotovoltaicas e turbinas eólicas e pela queima de combustíveis produzidos pela fermentação de colheitas e resíduos agrícolas.

De se ver que no ano de 2000, apenas 6,6% da eletricidade na Alemanha era derivada de fontes renováveis; já em 2019, essa fatia aumentou para 41,1%. Se a análise for restringida apenas ao setor elétrico, mesmo com o alto custo financeiro, a mudança parece positiva, porém um grande erro é focar somente no setor elétrico. Em 2000, cerca de 84% da energia primária total da Alemanha era proveniente de combustíveis fósseis; essa proporção diminuiu para aproximadamente 78% em 2019. Mantendo-se essa taxa de redução, os combustíveis fósseis ainda constituiriam quase 70% da energia primária da Alemanha em 2050. O que faz o Net Zero um sonho distante.

Outro desafio significativo da descarbonização é a falta de alternativas comerciais viáveis em certos setores. Por exemplo, enquanto a eletrificação de veículos e a geração de energia renovável estão se tornando mais comuns, ainda não temos alternativas comerciais viáveis para a aviação intercontinental, navegação de cabotagem, ou mesmo para produção em larga escala de materiais como cimento e aço sem o uso de combustíveis fósseis.

O exemplo da Alemanha, com sua Energiewende, serve como um lembrete da complexidade do desafio. Apesar de investir massivamente em energias renováveis, o país ainda depende significativamente do carvão, e suas emissões de CO<sub>2</sub> diminuíram apenas marginalmente.

O atual sistema energético global, fundamentado em combustíveis fósseis, representa uma das mais extensas e custosas infraestruturas antropogênicas que não podem ser rapidamente substituídas, mesmo se alternativas estivessem prontamente disponíveis, e

com baixos custos, o que não é verdade. Observamos ainda que esse sistema extrai cerca de 10 bilhões de toneladas de carbono fóssil/ano, e recebeu investimento para se estabelecer durante o século 20 de, no mínimo, 25 trilhões de dólares.

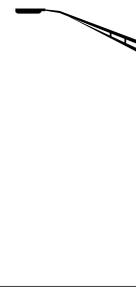
A transição energética global é uma necessidade imperativa. No entanto, deve-se abordar com realismo, reconhecendo os desafios e limitações inerentes. Historicamente, as transições foram um processo "gradual, multidécada, intergeracional", e esperar uma mudança rápida é não apenas irrealista, mas irresponsável. Convenhamos que substituir um sistema que é 76,7% fóssil (2022) por biocombustíveis (principalmente líquidos) e pela geração intermitente de eletricidade (principalmente eólica e solar), é uma tarefa complexa, sabendo dos desafios técnicos da produção em massa dos biocombustíveis, e da produção em grande escala de eletricidade a partir de fontes primárias com baixos fatores de capacidade. Assim, essa transição energética será um desafio que nos ocupará durante as próximas décadas e gerações.

Isso não significa que devemos ser pessimistas. Pelo contrário, a mensagem principal é que, embora a jornada seja longa e complexa, com comprometimento na busca pela inovação e uma gestão que vise à otimização de nossos recursos e tecnologias, podemos fazer uma diferença significativa no ritmo da descarbonização. É imperativo que essa construção passe necessariamente pela redução das desigualdades no acesso aos recursos disponíveis na biosfera, e pela construção de soluções para os países que ainda não se desenvolveram e não se industrializaram.

Os ciclos históricos nos mostram que esta espécie é capaz de inovações e mudanças transformadoras quando confrontada com desafios materiais. A transição energética atual, embora sem precedentes em sua complexidade, não é exceção na trajetória dos *sapiens*.



Luciano Rosito é engenheiro eletricista, especialista em iluminação e iluminação pública. Professor de cursos de iluminação pública no Brasil e exterior. Palestrante em seminários e eventos na área de iluminação e eficiência energética. Colaborador da Revista O Setor Elétrico. Coordenador de comissões de estudo e grupos de trabalho para a criação e revisão de normas técnicas no Brasil, junto ao CB03 do Cobei- ABNT. Pesquisador de sistemas de iluminação pública. Ex-coordenador do Centro de Excelência em Iluminação Pública – CEIP de 2006 a 2010. Ex-coordenador da área de Iluminação do LABELO – PUCRS.



## Como os sistemas de controle de iluminação podem ajudar no combate à poluição luminosa

No mês de outubro de 2023, por intermédio da professora Sílvia Carneiro, que é arquiteta e pesquisadora da área de iluminação, tive a oportunidade de falar sobre como os sistemas de controle de iluminação podem ajudar no combate à poluição luminosa durante um webinar organizado pela DarkSky Brasil, entidade que atua para redução da poluição luminosa em mais de 70 países. No mesmo mês, também tive a oportunidade de participar de outros eventos onde o tema foi discutido, evidenciando a necessidade de ampliarmos o debate sobre esse assunto, afim de promover mudanças positivas no mercado de iluminação.

O tema Poluição luminosa já foi apresentado aqui na coluna, inclusive em artigos escritos por mim e pela professora Sílvia. No entanto, com a revisão da NBR 5101 – Iluminação Pública, o tema ganha maior relevância, uma vez que alguns itens específicos desta norma tratam, não somente sobre poluição luminosa, mas sobre iluminação adaptativa, que deixa claro quando e como é possível, através de sistemas de controle/telegestão, regular o fluxo luminoso.

Isto permite que, em determinados horários e situações, se reduza o nível de luz e gere menos poluição luminosa, além da economia de energia elétrica. Assim como esta dimerização é possível de ser feita no início da vida útil dos equipamentos de iluminação, quando emitem mais luz e proporcionam

níveis acima dos desejados, para que no final da sua vida útil, mantenham-se os requisitos normativos. Com os sistemas de controle, é possível, no início da vida útil, fazer a dimerização e assim não atingir níveis acima dos especificados e projetados.

Para além da iluminação pública, este controle ajuda a diminuir o desperdício de energia e a poluição luminosa em prédios e grandes edificações comerciais e residenciais. Embora esses edifícios já busquem obter a certificação LEED, que exige o sistema de controle, que as fachadas devem ser apagadas a partir da meia noite até as 6h da manhã, os sistemas de controle também podem flexibilizar a atuação da luz somente no horário e na quantidade necessária, auxiliando, desta forma, a gerar o menor impacto possível de luz que acabaria indo para o céu. Da mesma forma, é importante que estes valores sejam medidos e técnicas e valores aprimorados a fim de reduzir ainda mais a contaminação do céu pelas luzes. LEED e outras certificações são um passo importante para a qualificação dos projetos.

Luminárias públicas com diferentes temperaturas de cor a serem aplicadas, de acordo com a situação e com cada horário da noite, já estão desenvolvidas, vendidas e aplicadas por fabricantes internacionais, em projetos diversos nas cidades. Assim como luminárias com baixas temperaturas de cor e

baixa emissão de luz azul em seu espectro de luz. Enquanto isso, por aqui, ainda se discutia a viabilidade de luminárias com temperatura de cor reduzida que já é tendência mundial.

Também é importante ressaltar que em outubro de 2023, passou a vigorar no Chile, através do Ministério do Meio ambiente daquele país, a norma que limita e regulamenta as emissões máximas de luz artificial no período noturno. A fim de preservar o céu e o meio ambiente, estão disponíveis como exemplo de boas práticas e de políticas públicas em benefício da população e da natureza, requisitos que poderiam e deveriam ser adotados por vários países. Limitação dos níveis de azul, limitação da luminância máxima de painéis de publicidade e níveis máximos de luminância e luminância, são exemplos do que trata esta publicação chilena.

Em meio a esta evolução, fica a pergunta de quando avançaremos no Brasil para chegarmos em níveis técnicos de excelência nos regulamentos e nos projetos de iluminação, para que as tecnologias de iluminação e de sistemas de controle, sejam aplicadas em larga escala no país, de acordo com as boas práticas mundiais. Classificar e estabelecer linha de corte das fotometrias das luminárias públicas para aquelas que sejam “amigas do céu escuro”, já poderia ser critério de PPPs de iluminação pública e critério do SELO PROCEL.



Aguinaldo Bizzo de Almeida é engenheiro eletricitista 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 Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo (CREA-SP). É autor do livro “Vestimentas de Proteção para Arco Elétrico e Fogo Repentino” e diretor e consultor de Desenvolvimento e Planejamento e Segurança do Trabalho (DPST).



## Distância de segurança para riscos elétricos

Em função da impossibilidade de interrupção da energia elétrica em alguns circuitos e redes, a realização de atividades de operação e manutenção de instalações elétricas em circuitos elétricos energizados é condição habitual para os profissionais da área, seja em instalações no SEP – Sistema Elétrico de Potência de geração, transmissão e distribuição, seja em instalações elétricas industriais.

Essa condição expõe os profissionais de manutenção à riscos elevados de choque elétrico e arco elétrico, sendo necessário a adoção de medidas de controle específicas para proteção dos trabalhadores que interagem diretamente nos circuitos elétricos, bem como de trabalhadores que executam atividades não relacionadas a manutenção elétrica, como por exemplo, manobras de ligar e desligar equipamentos elétricos de baixa tensão, mas que também poderão estar expostos a riscos elétricos, especialmente ao risco de arco elétrico.

A Norma Regulamentadora NR-10, que trata da Segurança em Instalações Elétricas, estabelece os requisitos e condições mínimas para estes procedimentos, objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade.

Uma das principais inovações introduzidas pela NR-10 foi o estabelecimento de distâncias de segurança para proteger os trabalhadores que interagem com as instalações elétricas, bem como as demais pessoas que, mesmo na realização de outras atividades, podem igualmente estar expostos aos perigos inerentes à proximidade de instalações elétricas energizadas.

A norma estabelece o distanciamento seguro através da criação das ZC - Zona Controlada e da ZR - Zona Risco no entorno de pontos ou conjuntos energizados, onde o ingresso é restrito a profissionais ou pessoas autorizadas mediante determinadas condições, definindo no seu Anexo II distâncias de trabalho padronizadas, cujas dimensões estão associadas ao nível de tensão de trabalho.

A NR10 considera que após os limites estabelecidos para a ZC, está caracterizado a ZL – Zona Livre, onde entende-se que quaisquer pessoas estariam seguras quanto a exposição a riscos elétricos. Entretanto, verifica-se que essa condição de ausência do risco elétrico estabelecida pelas distâncias de segurança definidas pela NR10, somente pode ser considerada como eficaz para proteção ao risco de choque elétrico por contato direto (contato com partes vivas), não sendo aplicada à exposição ao risco de arco elétrico, uma vez que

mesmo posicionadas em ZL, pessoas poderão sofrer consequências quando da exposição a ocorrência de arcos elétricos.

Se consideramos como referência conceitos internacionais, destaca-se as definições da NFPA70E (Electrical Safety Requirements for Employee Workplaces, 2004): “Em certas circunstâncias, a fronteira de proteção ao risco de arco elétrico pode ser uma distância maior às partes energizadas do que a fronteira de aproximação limitada”, onde a fronteira de proteção ao risco de arco elétrico é a distância na qual é provável que uma pessoa receba queimadura de segundo grau, assumida quando recebe uma energia incidente de  $5 \text{ J/cm}^2$  ( $1,2 \text{ cal/cm}^2$ ).

Assim, conclui-se que “mesmo posicionado em local onde não exista o risco de acesso a partes vivas da instalação elétrica, e, portanto, não exista o risco de choque elétrico por contato direto, o profissional ou pessoa poderá sofrer danos oriundos de um arco elétrico”, em função da proximidade e nível de energia incidente da instalação elétrica.

Dessa forma, é necessário e obrigatório calcular o LAS – limite de aproximação segura, para o risco de arco elétrico, através de metodologia específica e adequada aos cenários elétricos existentes. Esse tema é complexo, e continuaremos a analisar em artigos posteriores.



\*Caio Huais é engenheiro de produção, pós-graduado 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, num parque de mais de 860 subestações e 24mil km de linhas de transmissão, atendendo mais de 16 milhões de Unidades consumidoras que representam mais de 10% de toda população brasileira.



## Consolidação da estratégia de operação, critérios e tomada de decisão na gestão da manutenção do setor elétrico

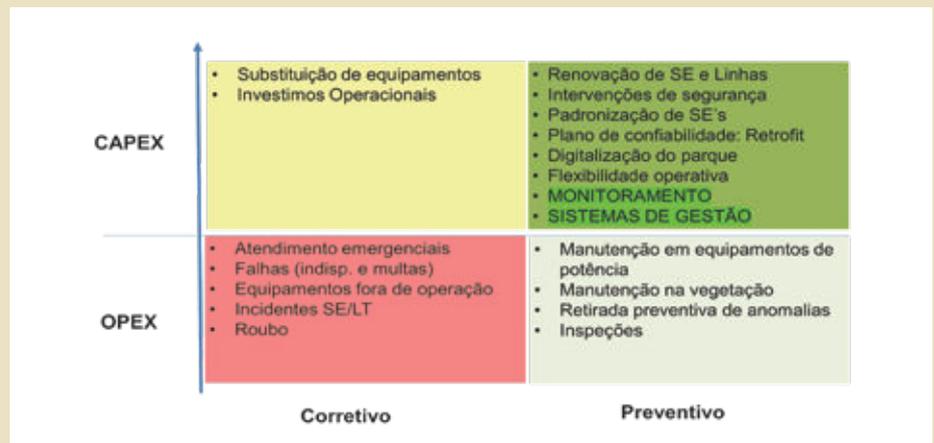
Toda organização possui uma função de operações com o objetivo de elaborar produtos e serviços com elevados índices de desempenho. Segundo Hayes et al. (2004): "A estratégia de operações é um conjunto de objetivos, políticas e restrições autoimpostas que descrevem como a organização se propõe a gerenciar todos os recursos investidos nas operações, de forma a melhor executar e eventualmente redefinir sua missão".

A estratégia de operações também busca o aumento da competitividade por meio da utilização dos recursos da empresa que possibilitem a produção de um mix de produtos e serviços adequados ao mercado e com características de desempenho que permitam à organização obter vantagem competitiva sustentável e entregar valor ao cliente.

No contexto geral, é importante avaliar cada alocação de recursos, considerando que, ao correlacionar o recurso com o tipo de manutenção, o melhor é sempre priorizar os investimentos (recurso que permite futura remuneração do regulador dentro de um ciclo tarifário periódico).

Com alguns dos objetivos:

- Garantir retorno operacional e receita para companhia;
- Garantir a aderência dos investimentos aos objetivos do segmento;
- Projetar investimentos com base em estudos de riscos operacionais;



- Eliminar ocorrências na alta tensão;
- Promover confiabilidade com base no plano de padronização e plano de confiabilidade AT;
- Investir considerando o ciclo tarifário e a relevante contribuição da AT.

Com a evolução dos modelos de manutenção e, principalmente, a possibilidade de monitoramento dos sistemas, considerando que a operação deve apresentar uma estratégia

consolidada, observa-se grandes oportunidades de otimização de custos.

### Ainda sobre estratégias de operações:

Quando as organizações definem suas estratégias de operações, buscam eleger um conjunto de prioridades competitivas, como custo, confiabilidade, qualidade, velocidade e flexibilidade. Tanto nas atividades de manufatura quanto em serviços, as organizações funcionam



como sistemas que possuem recursos escassos, com inerentes restrições em equipamentos, espaço, tecnologia de processo, capital humano e financeiro. Todas estas limitações requerem definições de prioridades estratégicas (trade-offs) no processo de tomada de decisão.

**Prioridades competitivas:**

Para ser competitiva, uma empresa tem de focar seus esforços e recursos de acordo com seu posicionamento estratégico. Este tipo de abordagem defende a classificação de prioridades competitivas. A eficácia de uma estratégia de operações é determinada pelo grau de consistência entre as prioridades competitivas e as decisões correspondentes em relação à estrutura operacional e à infraestrutura.

A figura 1.1 apresenta as prioridades competitivas utilizadas na estratégia de operações, segundo a visão de Slack, Chambers e Johnston (2009).

De forma resumida, podemos dizer que a qualidade envolve prover um produto ou serviço em conformidade com suas especificações. O indicador custo é constituído da análise de preço dos produtos ou serviços, que visa a atratividade do negócio junto ao cliente, levando em conta o preço que pode ser cobrado como função da margem obtida. A confiabilidade está relacionada à entrega de produtos e à prestação de serviços conforme contratados. A flexibilidade trata da capacidade de se atender a variações no tipo e no volume dos produtos e serviços oferecidos. Já a velocidade foca no tempo de entrega e é vista como um diferencial competitivo cada vez mais importante no mercado. As prioridades competitivas variam conforme os diferentes cenários e a estratégia das organizações.

Para auxiliar na priorização do investimento e até mesmo na definição do que será tratado como investimento ou como manutenção, é necessário a utilização de ferramentas para diagnóstico do parque de ativos. No caso da subtransmissão, devido ao valor representativo do investimento e do ativo, é necessário ter critérios qualitativos para essa análise. Um



exemplo prático de ferramenta é a projeção do risco de operação do parque de ativos utilizando o gráfico de dispersão, considerando fatores como vulnerabilidade, impacto e ameaças.

Assim, com uma escala que considera o fator risco, há, notoriamente, casos que denotam extrema necessidade de investimentos e casos que, a partir do diagnóstico, ainda permitem a gestão do risco com atuações preventivas de manutenção.

Portanto, não existe uma visão uniforme

sobre quais devam ser as prioridades que norteiam a implementação da estratégia de operações. Existe uma necessidade de desenvolver critérios e ferramentas para apoio na tomada de decisão. Prioridades como custo, qualidade, flexibilidade, confiabilidade e serviço ao cliente colocam o gestor, constantemente, diante de situações de decisão em que escolhas (por uma ou por algumas poucas prioridades) são inevitáveis.





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



## Geradores Diesel, soluções, limitações, eficiência e mitigação das emissões

Os geradores diesel são muito aplicados em instalações elétricas em data-centers, hospitais, aeroportos e outras instalações no atendimento como fontes de continência na alimentação de cargas de missão crítica quando das interrupções de fornecimento pela distribuidora quando classificada como fonte principal. Em outros casos os geradores podem mesmo operar como fonte principal. Em sistemas de transporte marítimos são também bastante aplicados.

Apesar das controvérsias da aplicação de geradores a diesel, devido às falhas nas partidas e transferências, uso de combustíveis fósseis e emissão de gases de efeito estufa, redução da potência de curto em relação a fonte principal e algumas outras falhas operacionais relacionadas à operação e componentes associados, os geradores diesel são por enquanto as melhores alternativas para as aplicações citadas. Os sistemas de controle desses equipamentos têm se aperfeiçoado reduzindo a percepção das taxas de falhas e mesmo emissões.

O uso dos geradores diesel deve prever alguns cuidados sob aspectos de:

- Especificação, dimensionamento e operação tratados na ISO 8528 (1 a 12).
- Motores a diesel quando operam em baixa carga, apresentam pobre mistura na queima (combustível/ oxigênio) e consumo excessivo de combustível e maior emissão de gases devido ao acúmulo de fuligem nos sistemas de compressão e descarga, lubrificação inadequada e selagem deficiente de anéis, danos as camisas, entre outros. O fenômeno conhecido como 'wet

stacking" nos motores diesel ocorrem devido ao baixo carregamento e a recomendação dos fabricantes para que seja evitado esse fenômeno, considera operação mínima com 30% de carga em regime permanente.

- A curva de capacidade obtida de um fabricante reproduzida na Figura 1 define os pontos de operação adequados e cuidados com sobrecarga e cargas capacitivas como filtros de alguns UPSs devem ser tomados. Observa-se que a zona de superaquecimento se torna crítica na faixa indicada, ficando maior ainda à medida em que a carga diminui.

Algumas situações requerem cuidados, como o necessário atendimento à curva de capacidade e a devida atenção à variação abrupta de carga com sistemas de compensação reativa, que não respondam imediatamente.

A figura 2 [1] apresenta o comportamento

da eficiência de geradores considerando o carregamento e o fator de potência.

Observa-se na figura 2 a impossibilidade de operar com carga menor que 30% e que a eficiência do equipamento varia com o fator de potência. Eficiência de 91% com fator de potência de 80% e de 93% com fator de potência de 100%.

Naturalmente o aumento da eficiência reduz o consumo de combustível e a redução de emissões.

Ainda, devido à instabilidade de redes de distribuição, operadores de DC mantem a operação por geradores em situações climáticas adversas quando a probabilidade de distúrbios na rede é aumentada, provocando maior consumo de combustível.

As estratégias plausíveis e factíveis para redução do consumo de combustível nos

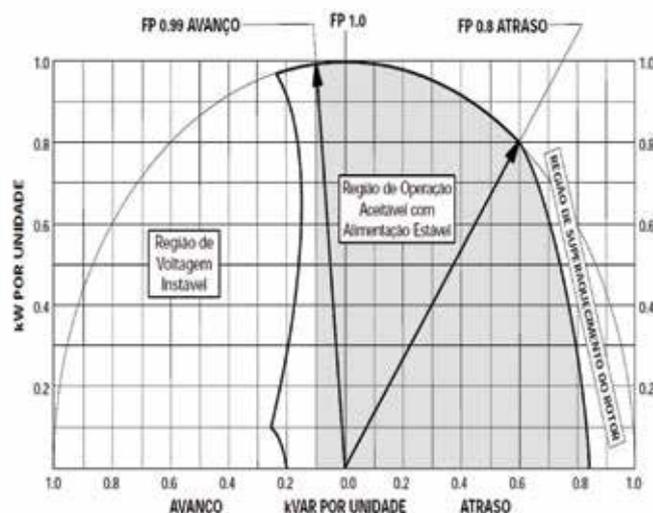


Figura 1 – curva de capacidade – gerador diesel

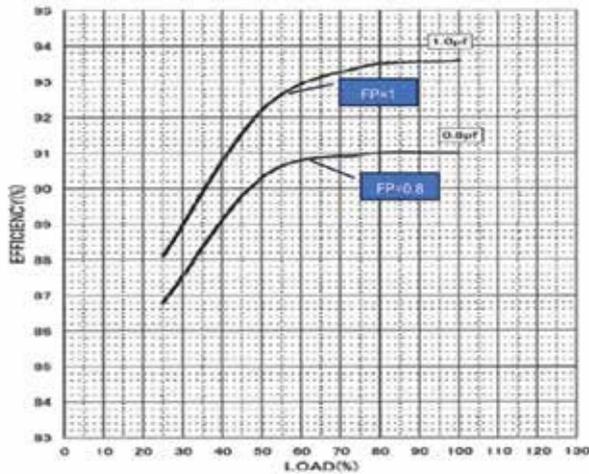


Figura 2 – A eficiência do gerador e o fator de potência da carga [1]

casos citados e por consequência redução das emissões são as mesmas aplicadas em projetos de eficiência energética nas instalações de consumidores, como:

- Acionamentos de motores com inversores de frequência e variação de velocidade em bombas, ventiladores e compressores associados a

sistemas de automação.

- Utilização de sistemas de refrigeração e climatização mais eficientes observando-se o COP (coeficiente de performance) dos equipamentos.
- Adequação da tensão de operação das fontes e aplicação da técnica do CVR (conservation voltage reduction)

- Uso de sistemas de compensação estática de energia reativa para redução dos efeitos de VTCD em geradores com impedância normalmente menores que das distribuidoras e adequação da capacidade dos geradores para atendimento a picos de potência reativa

Projetos devem atender não só as premissas de confiabilidade, mas também de eficiência energética e a consequente redução de consumo de combustíveis e emissões. Tecnologias disponíveis e conhecidas agregam valor e confiabilidade às instalações, mantendo robustez e implementando aspectos de sustentabilidade.

[1] C. -L. Su, M. -C. Lin and C. -H. Liao, "A energy-savings evaluation method to justify automatic power factor compensators on marine vessels," 2012 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting, 2012, pp. 1-10, doi: 10.1109/IAS.2012.6373992



## PROTEÇÃO CONTRA DESCARGA ATMOSFÉRICA

Em 2023, a Paratec celebra 25 anos de dedicação para garantir a sua proteção.

Agradecemos a parceria de nossos clientes, fornecedores e colaboradores

**SPDA – Solução Completa**  
A Solução que protege

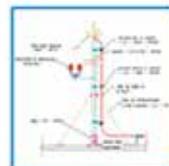
TENHA EM MÃOS NOSSO CATÁLOGO, VÍDEOS E DETALHES DO CAD.



VÍDEOS



CATÁLOGO



AUTOCAD

São 25 anos de compromisso, sempre sob o mesmo CNPJ.



Fale conosco

TEL.: (11) 3641-9063  
WWW.PARATEC.COM.BR



Roberval Bulgarelli é consultor sobre equipamentos e instalações em atmosferas explosivas, engenheiro eletricista, com mestrado em proteção de sistemas elétricos de potência pela POLI/USP. Organizador do Livro “O ciclo total de vida dos equipamentos e instalações em atmosferas explosivas”.



## Requisitos de projeto e instalação do novo padrão “Ethernet-APL/2-WISE” - Parte 2/3

### 4. Tipos de portas Ethernet APL / 2-WISE

São indicadas a seguir os tipos de portas no padrão Ethernet APL / 2-WISE utilizadas em sistemas Ethernet intrinsecamente seguros a dois fios:

- Porta Ethernet de FONTE de alimentação 2-WISE: Porta de um dispositivo 2-WISE que, além de funções de comunicação, proporciona alimentação em corrente contínua para um segmento com padrão Ethernet APL / 2-WISE
- Porta Ethernet de alimentação de CARGA 2-WISE: Porta de um dispositivo que, além de funções de comunicação, consome energia em c.c. a partir de um segmento com padrão Ethernet APL
- Porta Ethernet somente para comunicação 2-WISE: Porta que tem somente funções de comunicação e que, em operação normal, não gera ou consome um valor significativo de energia
- Porta Ethernet de dispositivo auxiliar 2-WISE: Porta de um dispositivo 2-WISE que tem outras funções que não a de comunicação (como por exemplo um dispositivo de proteção de surto 2-WISE)

### 5. Parâmetros de entidade ou de limitação para portas Ethernet 2-WISE

Os valores dos parâmetros de entidade ou de limitação das portas 2-WISE são “padronizados” na ABNT IEC TS 60079 47. Por este motivo, os parâmetros de entidade ou de limitação não necessitam ser indicados nos respectivos certificados de conformidade dos produtos “Ex” certificados no padrão 2-WISE e nem na respectiva documentação descritiva dos sistemas.

Por este motivo, para qualquer tipo de porta Ethernet, para qualquer fabricante ou modelo de dispositivos 2-WISE, os parâmetros são “padronizados” de forma “normativa”. Isto faz com que seja dispensada a verificação destes parâmetros de entidade ou de limitação, nos casos de projeto e de instalação de sistemas 2-WISE, facilitando o projeto e reduzindo os riscos de falhas na parametrização de valores entre dispositivos e switches “Ex”.

Parâmetros de entidade ou de limitação para portas de carga de alimentação 2-WISE e portas de dispositivos auxiliares 2-WISE

Os parâmetros indicados a seguir são aplicáveis às portas de carga de alimentação 2-WISE e portas de dispositivos auxiliares 2-WISE conectadas a sistemas

intrinsecamente seguros instalados dentro ou fora de áreas classificadas.

Parâmetros de entidade ou de limitação para portas Ethernet 2-WISE somente para comunicação

As portas 2-WISE somente para comunicação devem possuir uma característica de saída linear. Os parâmetros para portas 2-WISE somente para comunicação, conectadas a sistemas intrinsecamente seguros, são especificados na Tabela 2.

### 6. Requisitos para especificação de cabos em sistemas 2-WISE

Os cabos de interligação utilizados em um sistema com portas Ethernet APL / 2-WISE devem estar de acordo com os seguintes parâmetros:

- Resistência do cabo  $R_c$ : 15  $\Omega$ /km a 150  $\Omega$ /km;
- Indutância do cabo  $L_c$ : 0,4 mH/km a 1 mH/km;
- Capacitância do cabo  $C_c$ : 45 nF/km a 200 nF/km;
- Comprimento dos cabos dos circuitos de tronco (“trunk”): até 1 000 m;
- Comprimento dos cabos dos circuitos de derivação (“spur”): até 200 m (não incluindo os trechos finais de cabos para conexão dos

**PARÂMETROS INTRINSECAMENTE SEGUROS PARA PORTAS ETHERNET DE ALIMENTAÇÃO DE CARGA 2-WISE E PORTAS DE DISPOSITIVOS AUXILIARES 2-WISE**

		<b>Porta de alimentação de CARGA 2 WISE</b>	<b>Porta de dispositivo AUXILIAR 2-WISE</b>
Tensão máxima de entrada	Ui	17,5 V	17,5 V
Corrente máxima de entrada	li	380 mA	380 mA
Potência máxima de entrada	Pi	5,32 W	5,32 W
Capacitância máxima interna	Ci	5 nF	5 nF
Indutância máxima interna	Li	10 µH	200 nH
Corrente máxima de fuga		1 mA	50 µA

Os valores apresentados são aplicáveis a todos os grupos de equipamentos "Ex": Grupos I, II e III

**PARÂMETROS INTRINSECAMENTE SEGUROS PARA PORTAS ETHERNET 2-WISE SOMENTE PARA COMUNICAÇÃO**

<b>Parâmetro</b>	<b>Sigla</b>	<b>Valor Limite</b>
Tensão máxima de saída	Uo	9 V
Corrente máxima de saída	Io	112,5 mA
Potência máxima de saída	Po	254 mW
Tensão máxima de entrada	Ui	17,5 V
Corrente máxima de entrada	li	380 mA
Potência máxima de entrada	Pi	5,32 W
Capacitância máxima interna	Ci	5 nF
Indutância máxima interna	Li	10 µH

Os valores de Ui, li e Pi são especificados para evitar a ocorrência de dano de uma porta Ethernet 2 WISE somente para comunicação, caso a porta Ethernet seja acidentalmente conectada a uma porta Ethernet de fonte de alimentação

dispositivos auxiliares 2-WISE, se houverem);

- Comprimento dos cabos para conexão dos dispositivos auxiliares (stub): até 1,0 m

Em todos os casos em que estes parâmetros elétricos dos cabos forem atendidos, os valores totais de indutância e capacitância dos cabos não prejudicam ou comprometem o tipo de proteção por segurança intrínseca da instalação 2-WISE.

De forma a evitar a ocorrência de interferências eletromagnéticas nos sinais dos circuitos Ethernet em sistemas 2-WISE, devidas aos ruídos eletromagnéticos normalmente existentes em instalações industriais, é recomendado que os cabos a serem utilizados nos circuitos de campo do tipo derivação (spur) sejam do tipo "shieldado", de acordo com os requisitos da Norma IEC 61158-2 (Industrial communication networks -

Fieldbus specifications - Part 2: Physical layer specification and service definition).

## 7. Requisitos para projeto de sistemas 2-WISE

Um sistema 2-WISE "típico" engloba duas portas 2-WISE conectadas aos terminais opostos de um cabo, com um máximo de dois dispositivos 2-WISE com dois dispositivos auxiliares 2-WISE entre os terminais.

Existem dois tipos diferentes de sistemas 2-WISE:

- O sistema 2-WISE alimentado
- O sistema 2-WISE somente para comunicação (não alimentado)

A função básica de um sistema Ethernet APL / 2-WISE é a comunicação de

dados. O sistema alimentado disponibiliza adicionalmente a alimentação elétrica dos dispositivos, da seguinte forma:

- A porta Ethernet de fonte de alimentação fornece uma alimentação em c.c. para o sistema. A porta Ethernet de alimentação de carga consome energia em c.c. do sistema. As portas Ethernet dos dispositivos auxiliares podem também consumir energia em c.c. do sistema.
- Em um sistema somente de comunicação (não alimentado), nenhuma energia em c.c. é fornecida ao sistema por meio das conexões do sistema 2-WISE, sendo que, nestes casos, os dispositivos 2-WISE são sempre alimentados de forma separada. Uma porta Ethernet 2-WISE somente para comunicação não pode ser conectada a uma porta Ethernet 2-WISE de fonte de alimentação.

**Brval 41**

(21) 3812-3100

[www.brval.com.br](http://www.brval.com.br)**Clamper 17**

(31) 3689-9500

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

(11) 2118-3200

[www.cobrecom.com.br](http://www.cobrecom.com.br)**Condumax 19**

0800 701 3701

[www.condumax.com.br](http://www.condumax.com.br)**Embrastec 11**

(16) 3103-2021

[www.embrastec.com.br](http://www.embrastec.com.br)**Exponencial 49**

(31) 3317-5150

[www.exponencialmg.com.br](http://www.exponencialmg.com.br)**Gimi Soluções 2ª capa, 3 e Fascículos**

(11) 2532-9825

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

(16) 3820-1500

[www.grupointelli.com.br](http://www.grupointelli.com.br)**Itaipu Transformadores 33**

(16) 3263-9400

[www.itaiputransformadores.com.br](http://www.itaiputransformadores.com.br)**Minuzzi 23**

(19) 3272-6380

[www.minuzzi.ind.br](http://www.minuzzi.ind.br)**Paratec 71**

(11) 3641-9063

[www.paratec.com.br](http://www.paratec.com.br)**Pextron 13**

(11) 5094-3200

[www.pextron.com](http://www.pextron.com)**Romagnole 20**

(44) 3233-8500

[www.romagnole.com.br](http://www.romagnole.com.br)**Sil 25**

(11) 3377-3333

[www.sil.com.br](http://www.sil.com.br)**SNPTEE 45**

(81) 98877-6505

[www.xxviisnp tee.com.br](http://www.xxviisnp tee.com.br)**Trael 3ª capa**

(65) 3611-6500

[www.trael.com.br](http://www.trael.com.br)**Varixx 43**

(19) 3301-6902

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

# TRANSFORMANDO ENERGIA EM DESENVOLVIMENTO.



## TRANSFORMADORES DE FORÇA A ÓLEO

Transformadores nas potências de até  
50.000kVA nas classes de tensão até 145kV,  
com frequência de 50Hz ou 60Hz.



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

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





INT MKT

**Há 50 anos, sinônimo de qualidade,  
sustentando a energia do seu dia a dia.**



Siga-nos nas redes sociais.

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

**GRUPO**  
**INTELLI**   
WWW.GRUPOINTELLI.COM.BR