



REVISTA

o setor elétrico

ISSN 1983-0912

Ano 18 - Edição 193 / Março de 2023

17
ANOS

Marco Legal da Geração Distribuída

AVANÇOS E VANTAGENS *VERSUS* ENTRAVES E
OPINIÕES MESMO APÓS A REGULAMENTAÇÃO

ESTUDO INÉDITO REVELA PROFISSÕES QUE IRÃO ATUAR COM O HIDROGÊNIO VERDE

NOVAS COLUNAS:

- Manutenção 4.0
- Energia e sociedade
- Análise de sistemas elétricos

NOVOS FASCÍCULOS:

- Eletromobilidade
- Hidrogênio verde
- Avaliação de energia incidente
- Modernização da distribuição de energia

Você já conhece as soluções GIMI?

Baixa tensão



Linha NoTTabile®

Painel de Distribuição de baixa tensão classe 750V

Características técnicas:

- Classe de isolamento: 750V(50/60Hz)
- Nível básico de impulso: 8kV
- Corrente suportável nominal de curta duração: 25kA/50kA/85kA/1s
- Corrente nominal dos barramentos principais: até 6300A
- Frame certificados: 160A, 250A, 630A, 1000A, 1600A, 2500A, 3200A, 4000A e 5000A

Quadro de distribuição

Características técnicas:

- Tensão nominal: 750V
- Nível Básico de Impulso: 4kV
- Tensão de Isolamento: 2,2kV
- Ambiente de EMC: 1
- Frequência nominal: 50/60Hz
- Corrente nominal: Até 250A
- Corrente Suportável Nominal de curta-duração: 10kA/Crista



Linha Bimbo®

Média tensão



Linha New Piccolo®

Cubículo blindado modular classe 17,5kV/16kA

Características técnicas:

- Classe de isolamento: 17,5kV (50/60Hz)
- Nível básico de impulso 95kV
- Corrente suportável nominal de curta duração 16kA/1s
- Corrente nominal dos barramento principais 630A
- Grau de Proteção IP4X e IP-54
- Resistente ao arco interno: IAC-A-FL-12,5 kA/1s-PM





Atitude.editorial
atitude@atituedeeditorial.com.br

Diretores

Adolfo Vaiser
Simone Vaiser

Assistente de circulação, pesquisa e eventos

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

Administração

Roberta Nayumi
administrativo@atituedeeditorial.com.br

Editora

Alessandra Leite – MTB - 171 AM
alessandra@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 técnicos da publicação

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

Colaboradores desta edição

Ábner César Peres Pacheco, Arnaldo José Pereira Rosentino Junior, Caio Huais, Carlos Frederico Meschini Almeida, Claudio Mardegan, Daniel Bento, Danilo Ferreira de Souza, Edison Mineiro Sá Jr., Eduardo Costa Sá, Fernando L.M. Antunes, Fillipe Matos de Vasconcelos, Flávia Consoni, Ivan Nunes Santos, João José Barrico de Souza, José Starosta, Jurandir Picanço Jr., Lindemberg Reis, Luciane Neves Canha, Luciano Rosito, Luiz André Danesin, Luiz Carlos Catelani Junior, Luiz Henrique Leite Rosa, Nelson Kagan, Nunziane Graziano, Paulo Edmundo Freire, Roberval Bulgarelli, Saulo Cisneiros, Sergio Médici de Eston, Stefano Régis Gualtieri e Wagner Costa.

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

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

Capa: istockphoto.com | undefined undefined

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



Renováveis

ESPECIAL COMPLEMENTOS

29 Suplemento Renováveis

Segundo capítulo, com autoria de Monica Saraiva Panik, discutirá o hidrogênio verde e a descarbonização do planeta. Nesta segunda edição, será feita uma análise acerca da expectativa de desenvolvimento do mercado de H2V e sua importância na meta global dessa proposta de descarbonização, dentro de um contexto de transição energética sem precedentes.

4 Editorial

6 Painel de Notícias

Falta de padrão para recarga de carros elétricos ainda é um problema no Brasil; Estudo inédito revela profissões que irão atuar com o hidrogênio verde; Clube do Eletricista Grupo Intelli oferece cursos online e conteúdos técnicos gratuitamente; Aneel divulga os resultados do desempenho das distribuidoras na continuidade do fornecimento de energia elétrica em 2022. Confira notícias selecionadas sobre o mercado de engenharia elétrica no Brasil.

11 Fascículos

Mobilidade elétrica - desafios e oportunidades

Avaliação de energia incidente

Modernização do setor de distribuição

36 Aula prática - Segurança

Parte 2. Aperfeiçoamento em saúde, segurança e procedimentos de trabalho em distribuidoras de energia elétrica utilizando sistemas vestíveis.

42 Reportagem

Debate sobre Marco Legal da Geração Distribuída segue longe do fim, mesmo após regulamentação.

46 Artigo Técnico

Sobrecarga de transformadores de potência imersos em óleo mineral isolante.

50 Guia setorial

Fios e cabos são indispensáveis a qualquer instalação, seja média, baixa ou alta tensão, e é um dos mercados mais promissores do setor elétrico. Confira o guia setorial na íntegra.

52 Tecnologia

Conheça os modelos SM6 e PrismaSet, soluções em média e baixa tensão, da Schneider Electric, fabricados pela Engerey e conhecidos como os painéis elétricos que conseguem falar.

56 Espaço Aterramento

A curva média de resistividades aparentes

58 Espaço Cigre-Brasil

Requisitos Funcionais para Redes Inteligentes

Colunas

59 Cláudio Mardegan - Análise de sistemas elétricos

60 Jobson Modena - Proteção contra raios

62 Luciano Rosito - Iluminação pública

63 Aguinaldo Bizzo - Segurança do trabalho

64 Danilo Ferreira - Energia e sociedade

66 Caio Huais - Manutenção 4.0

68 Daniel Bento - Redes subterrâneas em foco

70 José Starosta - Energia com qualidade

71 Nunziane Graziano - Quadros e painéis

72 Roberval Bulgarelli - Instalações Ex

Marco Legal da Geração Distribuída, seus impasses e debates



Edição 193

Figurando entre os setores mais poluentes do mundo – em que os combustíveis fósseis representam mais de 75% da demanda energética mundial – o setor elétrico passa por um momento de transição no sentido de mitigar esses impactos ambientais. Uma grande aliada desse processo é também protagonista de uma série de polêmicas, impasses, dúvidas e opiniões divergentes.

Trata-se da Geração Distribuída (GD), cujo Marco Legal da Micro e Minigeração Distribuída (MMGD), foi sancionado em janeiro de 2022, assegurando que a instituição legal seja feita gradativamente e que as mudanças sejam colocadas em prática de modo que o mercado possa se adaptar e se organizar de maneira economicamente sustentável. A lei regulamenta as modalidades de geração, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável (PERS) e está alinhada com o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE).

Mas como toda boa transição, ela não está a salvo dos imbróglios. A matéria de capa desta edição traz algumas discussões importantes sobre o trajeto nada tranquilo desse marco legal, que embora tenha sido sancionado em janeiro de 2022, entrou em vigor oficialmente na primeira semana deste ano.

Um mês após a legislação se tornar realidade, o tema voltou a ser amplamente discutido em razão da aprovação da lei pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), realizada durante reunião pública entre os diretores da entidade, no dia 7 de fevereiro.

As diretrizes foram aprovadas por unanimidade pela agência e abrangem a garantia de direitos e deveres dos consumidores, bem como das empresas distribuidoras.

O texto ainda visa estabelecer regras claras para a conexão dos sistemas à rede elétrica, além de abordar a previsão de mecanismos de compensação de energia gerada em excesso, a definição de critérios para a cobrança pelo uso da rede de distribuição, entre outros tópicos.

Na reportagem da jornalista Fernanda Pacheco, os avanços e entraves são analisados por especialistas de entidades como Absolar, ABGD, Abradee, que avaliam as regras, refletem sobre suas adaptações e evolução e esclarecem pontos obscuros, as vantagens para o consumidor e a justiça para o setor elétrico.

Nos fascículos, trazemos a continuidade dos temas Mobilidade Elétrica, com material assinado por Gabriel Leuzinger Coutinho, engenheiro eletricista doutorando em Desenvolvimento Sustentável pela Universidade de Brasília (UnB), com o título “A importância da Chamada 22 para a consolidação da mobilidade elétrica no Brasil”, avaliação de energia incidente com Luís Carlos Catelani Junior, engenheiro eletricista com larga experiência em proteção de sistemas elétricos e Modernização da Distribuição, coordenado pela Abradee e escrito pelo gerente de planejamento e inteligência de mercado, Lindemberg Reis.

Temos ainda, nesta edição – em confluência com o debate do nosso tema principal – a coluna Energia e Sociedade, do engenheiro eletricista Danilo Ferreira de Souza, com o título “A transição energética em curso não é para fontes renováveis”, entre outros assuntos.

Aproveite a leitura!

Abraços,

Alessandra Leite

alessandra@atitudeeditorial.com.br

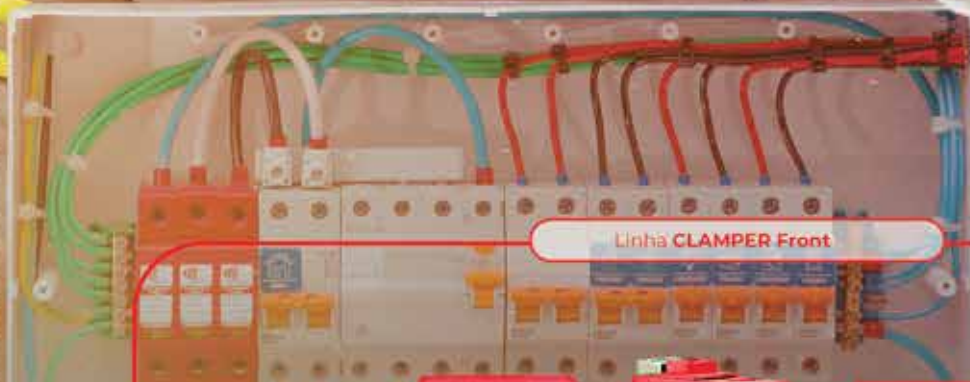


Acompanhe nossas lives e webinars com especialistas do setor em nosso canal no YouTube:
<https://www.youtube.com/osetoreletrico>



PROTEÇÃO EM QUADROS ELÉTRICOS

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



Linha CLAMPER Front





Estudo inédito revela profissões que irão atuar com o hidrogênio verde

A transição para uma economia de baixo carbono já demonstra impactos no mercado de trabalho. Prova disso é o estudo inédito intitulado Mercado de hidrogênio verde e power to X: demanda por capacitações profissionais, que mapeou profissões para atuar na cadeia de hidrogênio verde (H2V) no Brasil.

O levantamento foi apresentado pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), em parceria com o projeto H2Brasil, que integra a Cooperação Brasil-Alemanha para o Desenvolvimento Sustentável e é implementado pela Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, como parte dos esforços para apoiar a expansão do mercado de H2V no país.

Os autores concluíram que os profissionais aptos a atuar na cadeia de hidrogênio verde no Brasil são engenheiros das mais diversas especialidades (mecânica, química, ambiental e de produção), economistas com experiência em planejamento e gestão, especialistas em regulação e legislação, além de profissionais de nível técnico de perfis já consolidados (como

eletrotécnica, mecânica, química e outros) que recebam formação específica em H2V.

“O estudo, baseado em experiências internacionais, é fundamental para identificar e validar as demandas no Brasil, ajudando na formação dos profissionais necessários para o desenvolvimento da indústria de Hidrogênio Verde e PtX no país”, afirma Markus Francke, diretor do projeto H2Brasil.

Em 2022, o SENAI elaborou o itinerário formativo – percurso de formação dentro de uma área – com cinco cursos, que vão da instalação à operação e manutenção dos sistemas para produção do hidrogênio.

No segundo semestre deste ano, será lançada a primeira pós-graduação em Hidrogênio Verde e PtX da rede, pelo SENAI CIMATEC, na Bahia, juntamente com um centro de excelência localizado no Rio Grande do Norte e mais cinco laboratórios regionais (Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Bahia e Ceará) voltados para a educação profissional e superior nesse novo setor.

“Teremos um primeiro movimento, de

especialização de quem tem nível superior nas áreas que vão atuar com pesquisa, com o desenvolvimento da tecnologia e a regulação. O segundo movimento é para a instalação e operação das plantas, que vai requerer profissionais de nível técnico. Não teremos um curso técnico de hidrogênio verde, mas uma especialização, para que uma pessoa formada em eletrotécnica, por exemplo, seja especializada na temática”, exemplifica o superintendente de Educação Profissional e Superior do SENAI, Felipe Morgado.

Morgado destaca que a instituição já formou os docentes, desenhou o portfólio e os currículos dos cursos e está finalizando a infraestrutura para formar a mão de obra especializada, em parceria com o governo alemão. Os cursos na área de hidrogênio verde terão matrículas abertas pelo Futuro Digital. São eles:

- Instalador de Sistemas de Eletrólise de Usinas de Produção de Hidrogênio Verde;
- Mantenedor de Sistemas de Eletrólise de Usinas de Produção de Hidrogênio Verde;

Nível	Área de formação	Atividade
Pós-graduação	Engenharia, Economia, Mecatrônica, Química, Ambiental	Pesquisador em novas tecnologias (P&D) Projetista de unidades de produção Analista de mercado de energia e insumos
Bacharel	Engenharia, Economia, Mecatrônica, Química, Ambiental, Segurança, Direito	Planejamento de energia e produção Planejamento de logística e distribuição Gestão de plantas industriais, logística, operação de produção Planejamento de segurança e normativas Comercializador de energia
Pós de nível técnico	Diversas	Supervisão de energia e produção Supervisão de logística e distribuição Supervisão de gestão de plantas industriais, logística, operação de produção
Técnico	Mecânica, Elétrica, Química, Ambiental, Segurança, Informática, Logística	Operação de produção Manutenção industrial Montador de máquinas e equipamentos Eletricista Mecânico

- Operador de Logística de Transporte de Gases;
- Especialista Técnico em Operação de Usinas de Produção de Hidrogênio Verde;
- Especialista em Sistemas de Hidrogênio Verde (Pós-graduação).

Confira na tabela acima relação de profissões que deverão atuar no mercado de H2V.

Metodologia

O estudo da demanda de profissionais com atuação na cadeia do hidrogênio verde é resultado de entrevistas e questionários aplicados a mais de 200 pessoas do setor. A cadeia de hidrogênio verde considerada no levantamento inclui matérias-primas, subprodutos, processos e tecnologias relacionados à produção, à distribuição, ao armazenamento e ao uso do H2V em setores energéticos, industriais e de transporte.

A análise se baseia no mercado de trabalho nacional e internacional de H2V, e o objetivo foi mapear as lacunas de conhecimento na área e sugerir a formação de competências profissionais no Brasil, tais como técnicos,

gestores, reguladores e outros agentes-chave para o desenvolvimento da economia de hidrogênio verde no país.

Potencial do H2V e PtX brasileiro

Devido à disponibilidade de vento e sol, o Brasil é considerado um dos países com maior potencial de geração de energia elétrica renovável do mundo e, portanto, oferece excelentes condições de produção de hidrogênio verde (H2V) e PtX. O power-to-x é o processo de conversão de energia elétrica (power) para outro vetor energético (x), nesse caso o H2V, a partir da eletrólise da água, além de outros produtos derivados do H2V, como amônia verde e combustíveis sintéticos. A transição energética justa engloba mudanças econômicas e sociais, abrangendo o crescimento de energias sustentáveis e a descentralização da matriz energética.

Nesse contexto, os profissionais que atuarão em tal mercado devem dominar: a estrutura geral de funcionamento do setor energético; conhecimento de mercado; arcabouço regulatório; ferramentas computacionais e capacidade analítica de dados, além de estarem atentos aos impactos da inteligência artificial no setor elétrico.



PARATEC

A SOLUÇÃO QUE PROTEGE
DISTRIBUIDOR AUTORIZADO

PROGRAMADOR HORÁRIO WI-FI



Pat. Reg.

CONTROLADO VIA WIFI OU CABO

CONTROLANDO 2 CARGAS INDEPENDENTES

127VCA 10A / 220VCA 7A / 24VCC 10A

50 PROGRAMAÇÕES PARA CADA SAÍDA DIÁRIA, SEMANAL, MENSAL E ANUAL

ALIMENTAÇÃO

127-220VCA OU 12-24VCC



Tel.: (11) 3641-9063



VENDAS@PARATEC.COM.BR

DOWNLOADS NAS PLATAFORMAS E NO SITE

WWW.PROGRAMADORHORARIOWIFI.COM.BR



Falta de padrão para recarga de carros elétricos ainda é um problema no Brasil

O avanço da tecnologia nos últimos anos nos fez aprender de modo forçado algumas nomenclaturas que hoje fazem parte do nosso cotidiano, como HDMI, USB, VGA entre outros. Para o universo de carros elétricos no país está acontecendo um processo semelhante, mas motivado pela falta de padrão em relação aos tipos de tomadas de recarga.

A Sociedade de Engenheiros da Mobilidade (SAE) criou o carregador que hoje conhecemos como tipo 1. Ele é o mais usado para o carregamento em estacionamentos de shoppings e casas dos Estados Unidos, mas as suas características nunca foram apropriadas para a rede elétrica europeia.

Desse modo, surgiram os carregadores tipo 2, os mais comuns inclusive no Brasil. Todos os carregadores de grandes montadoras como Volvo, Porsche e a imensa maioria de pontos de corrente alternada (AC) do Brasil utilizam o tipo 2, que também é o mais comum entre os carros elétricos à venda no país.

De acordo com Ricardo David, sócio-diretor da Elev, empresa especializada em soluções para todo o ecossistema de eletromobilidade, a falta de padronização de tomadas de recarga é uma questão que precisa ser abordada com urgência. “A adoção de um padrão universal seria extremamente benéfica para a popularização dos carros elétricos no país, facilitando a vida dos proprietários e reduzindo a dependência da busca por pontos compatíveis com seu veículo”, afirmou o executivo. Para Ricardo, o ideal seria uma regra nacional, sendo realizada por meio de um marco legal para a eletromobilidade no país.



Para as recargas rápidas ou ultrarrápidas - aquelas que podem ser feitas em poucos minutos, os eletropostos utilizam a corrente contínua (DC) e há mais um adicional a isso nestes casos: o adaptador CHAdeMO - plugue criado por um consórcio de montadoras japonesas e que, no Brasil, está presente no modelo Nissan Leaf.

Modelos de adaptadores estão sendo estudados na Grã Bretanha para amenizar os problemas de carregamento, o Japão por exemplo, teve bastante pioneirismo no lançamento de carros elétricos de grande volume, o CHAdeMO predominou por alguns anos, mas o padrão CCS vem ganhando muito espaço nos países ocidentais. No Brasil, só o Leaf mantém carregamento rápido à moda japonesa e, no exterior, até o novo Nissan Ariya já se rendeu ao tipo europeu de carregamento.

“É importante ressaltar que o tipo de

carregador utilizado pode afetar diretamente a velocidade e a eficiência da recarga, sendo fundamental considerar as necessidades individuais de cada veículo e sua localização geográfica. A busca por soluções eficientes para a eletromobilidade é fundamental para o desenvolvimento sustentável do setor automotivo e para a redução da emissão de gases poluentes”, completou Ricardo David.

Como o carregamento em baixas potências depende de características locais, é provável que os tipos 1 e 2 se mantenham por tempo indeterminado. O carregamento em alta potência, por outro lado, tem boas chances de ser padronizado.

Enquanto isso não acontece, os donos de carros elétricos precisam buscar por meio de aplicativos onde encontrar o eletroposto compatível com o seu automóvel. Ainda vai levar um tempo para que se adote uma tomada de recarga padrão universal.

Clube do Eletricista Grupo Intelli oferece cursos online e conteúdos técnicos gratuitamente

Clube do Eletricista **GRUPO INTELLI**

CURSOS E CONTEÚDOS TÉCNICOS GRATUITOS

ESPAÇO ONLINE DEDICADO A VOCÊ, PROFISSIONAL DO RAMO ELÉTRICO

Conheça o maior clube do Brasil de disseminação de conhecimento sobre diversas esferas do setor elétrico.

Inscreva-se

O grupo Intelli lançou o projeto “Clube do Eletricista”, após meses de planejamento e desenvolvimento. A iniciativa visa a propagação gratuita de conteúdo técnico com qualidade em um espaço online dedicado a todos profissionais do setor elétrico. “O Clube do Eletricista é motivo de muito orgulho para o grupo Intelli. A nova ação da empresa está intimamente conectada com o nosso propósito de ajudar a elevar o nível de conhecimento dos profissionais envolvidos no mercado elétrico, como engenheiros, técnicos, eletricitas, projetistas, estudantes, etc”, afirma Lorenzo Spedicato, diretor de Operações do grupo Intelli.

O Clube do Eletricista Grupo Intelli irá ofertar palestras e cursos ministrados por expoentes do setor elétrico e engenheiros

da própria empresa. Periodicamente, novos conteúdos serão disponibilizados acerca de diversos temas ligados ao mercado, com ênfase especial em assuntos relacionados a aterramento e PDA (proteção contra descargas atmosféricas).

Vários conteúdos já estão disponíveis na plataforma, como é o caso do curso “Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas”, apresentado pelo engenheiro Jobson Modena, presidente da comissão da ABNT NBR 5419 e sócio fundador da Guismo Engenharia. Outros treinamentos, como “Aço revestido de cobre” – que trata sobre condutores bimetalicos –, apresentado pelo engenheiro Lorenzo Spedicato, diretor de Operações do grupo Intelli, e “Conexões para Aterramento”, sob a orientação

do engenheiro André Ricioli, já estão disponíveis.

Há também palestras do engenheiro Paulo Edmundo Freire já disponíveis, como “A História da Eletricidade” e “Métodos, Leis, Teorias e Modelos”, além de podcasts, vídeos de instalação de produtos e outros conteúdos. Para participar do projeto, basta preencher um formulário, disponibilizado no site da empresa. “Promover propagação de conhecimento gratuitamente por meio de conteúdo técnico confiável é a nossa missão com o Clube do Eletricista. Desejamos ajudar a fomentar o mercado com as melhores práticas e as mais modernas soluções, sempre pautados pelas normas regulamentadoras do nosso setor”, finaliza Lorenzo.

Aneel divulga os resultados do desempenho das distribuidoras na continuidade do fornecimento de energia elétrica em 2022

A qualidade dos serviços de distribuição de energia elétrica alcançou em 2022 o melhor resultado da série histórica acompanhada desde 2000, conforme apontam os indicadores DEC* e FEC** apurados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Ambos os indicadores registraram seus menores valores em 2022, também ficando abaixo dos limites definidos pela ANEEL. Ao longo de 2022, o serviço de fornecimento de eletricidade permaneceu disponível por 99,88% do tempo, na média do Brasil.

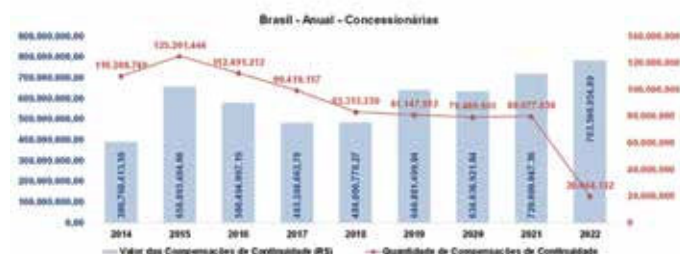
Os consumidores ficaram 10,93 horas em média sem energia (DEC) no ano, o que representa uma redução de 7,2% em relação a 2021, quando registrou-se 11,78 horas em média. A frequência (FEC) das interrupções se manteve em trajetória decrescente, reduzindo de 5,99 interrupções em 2021 para 5,37 interrupções em média por consumidor em 2022, o que significa uma melhora de 10,4% no período.

O avanço observado nos últimos anos é resultado de diversas ações da Aneel, tais como as novas regras de qualidade do fornecimento nos contratos de concessão das distribuidoras, as compensações financeiras aos consumidores, os incentivos na tarifa por meio do Componente de Qualidade, a adoção de planos de resultados para as distribuidoras que apresentavam desempenho insuficiente, as fiscalizações da Agência e a definição de limites de interrupção decrescentes para as concessionárias.

Confira a seguir os gráficos com o histórico dos indicadores DEC e FEC:

Compensações de Continuidade aos Consumidores

O valor das compensações de continuidade pagas aos consumidores registrou aumento, passando de R\$ 720 milhões, em 2021, para R\$ 783 milhões em 2022. Já a quantidade de compensações apresentou redução, aproximadamente, de 80 para 20 milhões, em virtude de mudança na regulação da Aneel sobre o tema, com o objetivo de direcionar maiores valores para os consumidores com piores níveis de continuidade. Assim, o valor de compensação pago individualmente aumentou, em média, cerca de quatro vezes.



A Aneel avaliou todas as concessionárias do país no período de janeiro a dezembro de 2022, divididas em dois grupos: concessionárias de grande porte, com número de unidades consumidoras maior que 400 mil; e concessionárias de menor porte, com o número de unidades consumidoras menor ou igual a 400 mil.

A seguir são mostrados os rankings:



* DEC – Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora – Tempo que, em média, no período de observação, cada unidade consumidora ficou sem energia elétrica.

** FEC – Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora – Número de interrupções ocorridas, em média, no período de observação

12 Mobilidade elétrica - desafios e oportunidades



É imprescindível que o desenvolvimento dos setores elétrico, industrial e econômico esteja voltado à tecnologia, à ciência de dados e à sustentabilidade para que os próximos séculos sejam conduzidos em uma economia de baixo carbono. A mobilidade elétrica, parte fundamental deste novo planejamento, é também tema deste fascículo, coordenado pela professora Dra. Flávia Consoni, do Laboratório de Estudos do Veículo Elétrico (LEVE/Unicamp), que traz nesta segunda edição:

Capítulo II – A importância da Chamada 22 para a consolidação da mobilidade elétrica no Brasil

Por Gabriel Leuzinger Coutinho

- Lei nº 9.991, que dispõe sobre a realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) e em eficiência energética;
- Projeto Estratégico de Pesquisa e Desenvolvimento, o P&D nº 22;
- Precariedade da infraestrutura para receber veículos elétricos no Brasil.

18 Avaliação de energia incidente



O estudo de energia incidente vem sendo cada vez mais necessário para as instalações elétricas, à medida em que se avançam as normas técnicas e de segurança. As iniciativas de controle começam na concepção do projeto de uma instalação, durante reformas ou atualizações, e, sobretudo, nas instalações já existentes. Sobre este assunto tratará o engenheiro eletricista Luiz Carlos Catelani Júnior, durante oito capítulos, abordando conceitos, atualizações normativas e aplicações práticas.

Capítulo II - Cálculo de energia incidente- Modelo IEEE 1584 - Edição 2018 baixa tensão

Por Luís Carlos Catelani Junior

- Limites transcritos da IEEE© 1584 – 2018;
- Cálculo da energia incidente na faixa de 600 V;
- Painel de Baixa Tensão – VCB (eletrodos verticais enclausurados).

26 Modernização da distribuição



Neste fascículo, serão 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 serão pontos de reflexão desta série de oito artigos coordenada pela Associação Brasileira de Energia Elétrica (Abradee). Neste segundo capítulo, o autor Lindemberg Reis, gerente de Planejamento e Inteligência e Mercado da Associação, discorre sobre a modernização do segmento de distribuição de energia elétrica e o empoderamento dos usuários, tendo como destaque o papel dos Sandboxes Tarifários.

Capítulo II - A modernização do segmento de distribuição de energia elétrica e o empoderamento dos usuários: o papel dos Sandboxes Tarifários

Por Lindemberg Reis

- Sandboxes Tarifários
- Chamada Pública de Sandboxes Tarifários
- As 14 propostas de subprojetos impetrados por nove grupos econômicos

Mobilidade elétrica

Por Gabriel Leuzinger Coutinho*



Capítulo II

A importância da Chamada 22 para a consolidação da mobilidade elétrica no Brasil

Em 24 de julho de 2000, o governo brasileiro sancionou a Lei nº 9.991, que dispõe sobre a realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica. Esta lei estabelece que as concessionárias de serviços públicos de distribuição, transmissão ou geração de energia elétrica, as permissionárias de serviço público de distribuição de energia elétrica e as autorizadas à produção independente de energia elétrica – com exceção daquelas que geram energia exclusivamente a partir de instalações eólica, solar, biomassa, cogeração qualificada e pequenas centrais hidrelétricas – devem aplicar, anualmente, um percentual mínimo de sua receita operacional líquida em projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação e de eficiência energética regulamentados pela Aneel.

Entre 2000 e 2019, foram realizados mais de seis mil projetos de P&D, incluindo 21 Projetos Estratégicos de Pesquisa e Desenvolvimento, com investimento total de R\$ 7,6 bi. Esses projetos trataram de temas como o desenvolvimento de energias renováveis, a preparação do setor elétrico para eventos climáticos extremos, a melhoria da qualidade do sistema elétrico e o avanço das tecnologias de armazenamento de energia. Dentre os resultados dos projetos estão o registro de mais de 300 patentes e licenças, além da publicação de quase quatro mil artigos científicos. Destaca-se que a Aneel publicou, recentemente – em outubro de 2022 – a Resolução Normativa Aneel no 1045/2022, que estabelece novos procedimentos para o programa de P&D.

É neste contexto que, em 2019, a Aneel publicou o edital de um novo Projeto Estratégico de Pesquisa e Desenvolvimento, o P&D nº 22: “Desenvolvimento de Soluções em Mobilidade Elétrica Eficiente”, conhecido como Chamada 22. Esse edital foi o resultado de diversos estudos feitos pela Aneel e outras

instituições para identificar quais os futuros desafios que serão enfrentados pelo setor elétrico e fornecer soluções para superá-los. Em um destes estudos, feito pelo CGEE em 2017, foram estabelecidos cinco grandes grupos temáticos para o setor elétrico, divididos em 48 macrotemas, 181 temas, 46 rotas tecnológicas e 2.767 tópicos de pesquisa, desenvolvimento e inovação. Os macrotemas foram classificados e hierarquizados de acordo com sua prioridade para o planejamento estratégico do setor elétrico. A mobilidade elétrica foi reconhecida como o macrotema mais importante para o setor elétrico que ainda não havia sido objeto de um Projeto Estratégico de Pesquisa e Desenvolvimento da Aneel.

O resultado desse estudo motivou a Aneel a explorar ainda mais o tema da mobilidade elétrica. Em 2018, a agência contratou a GIZ para fazer um estudo sobre a governança e a política de veículos elétricos ao redor do mundo. O estudo mostrou que o Brasil não possui os mesmos drivers que estão motivando os investimentos em mobilidade elétrica em lugares como a China, a União Europeia e os Estados Unidos. No entanto, o estudo indicou que o investimento em mobilidade elétrica é uma oportunidade de contribuir para o desenvolvimento do Brasil e para a inserção do país nas cadeias de valor globais. A conclusão deste estudo foi que, para aproveitar essa oportunidade, o governo deve construir um consenso nacional em torno dos veículos elétricos, direcionando ações a seu favor, estabelecendo metas e criando ações mais efetivas do que as realizadas até então.

Ainda em 2018, a Aneel promoveu um encontro da Rede de Inovação no Setor Elétrico (Rise) com foco na mobilidade elétrica. Nesse encontro, a Rise identificou que os principais desafios para a difusão dos veículos elétricos no Brasil eram a falta de incentivos governamentais para os veículos elétricos e a precariedade da infraestrutura de recarga existente.

Reuniões entre autoridades da Aneel e especialistas em mobilidade elétrica resultaram na minuta da Chamada 22. Essa minuta foi objeto de consulta pública entre novembro de 2018 e janeiro de 2019. A Aneel recebeu 314 contribuições de 39 entidades, sendo que 118 dessas contribuições foram aceitas total ou parcialmente.

A versão final do edital da Chamada 22 foi publicada em abril de 2019. O objetivo do programa é preparar o setor elétrico brasileiro para a transição para os carros elétricos e viabilizar essa transição no Brasil. As empresas interessadas em apresentar propostas tiveram 15 dias após a publicação do

edital para comunicar à Aneel sobre seu interesse em participar da Chamada 22 e, depois, mais dois meses para apresentar a proposta final.

Cem empresas demonstraram interesse em participar da Chamada 22, mas apenas 38 projetos foram propostos à Aneel. Esses projetos foram avaliados por um comitê formado por funcionários da Agência Nacional e membros de outras instituições que fazem parte da Rise, como o Ministério de Minas e Energia (MME), o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e a agência alemã GIZ. No total, 34 das 38 propostas apresentadas foram aprovadas. Os projetos foram

TABELA 1 – PROJETOS DA CHAMADA 22 QUE FORAM INICIADOS.

Nome do proponente	Proponente do projeto	Custo total do projeto (R\$) ²
PD-00043-0087	Companhia Energética de Pernambuco - Celpe	11.182.854,44
PD-00047-0087	Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia - Coelba	17.524.415,89
PD-00051-0119	DME Distribuição S.A.	3.338.168,75
PD-00063-3061	Companhia Paulista de Força e Luz - CPFL	6.241.952,45
PD-00063-3059	Companhia Paulista de Força e Luz - CPFL	17.871.114,32
PD-00063-3062	Companhia Paulista de Força e Luz - CPFL	27.773.536,82
PD-00063-3060	Companhia Paulista de Força e Luz - CPFL	48.251.935,40
PD-00064-1058	AES Tietê S.A.	5.358.003,72
PD-00385-0069	Elektro Redes S.A.	14.874.282,45
PD-00387-0022	Rio Paranapanema Energia S.A.	6.257.073,00
PD-00391-0039	EDP São Paulo Distribuição de Energia S.A.	34.687.374,85
PD-00394-1903	Furnas-Centrals Elétricas S.A.	2.170.856,90
PD-00553-0061	Petróleo Brasileiro S.A. - Petrobras	73.516.174,05
PD-00673-0021	Lajeado Energia S.A.	4.169.961,28
PD-02866-0518	Copel Distribuição S.A.	7.446.261,87
PD-02866-0519	Copel Distribuição S.A.	5.901.869,84
PD-02866-0517	Copel Distribuição S.A.	10.364.110,85
PD-02866-0516	Copel Distribuição S.A.	2.023.143,30
PD-04950-0724	CEMIG Distribuição S.A.	11.682.255,34
PD-04950-0725	CEMIG Distribuição S.A.	4.296.269,07
PD-04951-0726	CEMIG Geração e Transmissão S.A.	13.115.965,53
PD-05160-1906	CEB Distribuição S.A.	11.635.550,00
PD-05697-0219	Celesc Distribuição S.A.	6.416.076,00
PD-05785-2019	CEEE Distribuição	14.230.360,00
PD-06585-1912	Energisa Minas Gerais – Distribuidora de Energia S.A.	27.655.060,00
PD-06961-0010	Candeias Energia S.A.	17.318.555,45
PD-07267-0021	Porto do Pecém Geração de Energia S.A.	9.678.000,01
PD-07427-0319	Norte Energia S.A.	11.553.260,01
PD-10381-0022	Rio Paraná Energia S.A.	8.263.433,00

Fonte: <https://dadosabertos.aneel.gov.br/dataset/projetos-de-p-d-em-energia-eletrica>

1 Os dados mais recentes quando o presente artigo foi escrito eram do dia 23/03/2023.

2 Estimado antes da execução do projeto. Inclui as contrapartidas.

3 A pesquisa foi feita sob orientação dos professores Armando Caldeira Pires, da Universidade de Brasília, e Peter Wells, da Cardiff University. A tese de doutorado com os resultados da pesquisa, cujo título é "Multi-system sustainability transitions in developing countries: a case study of the electric car in Brazil" está disponível no repositório de teses da Universidade de Brasília.

aprovados. Destes, apenas 29 foram iniciados segundo os dados mais recentes da Aneel. Estes projetos estão indicados na Tabela 1.

Em minha pesquisa doutorado³, estudei o impacto do setor elétrico na transição para o carro elétrico no Brasil. Essa pesquisa envolveu um estudo de caso sobre a Chamada 22, cujos principais resultados são apresentados no presente artigo. Estes resultados foram obtidos por meio da coleta de dados secundários e de entrevistas com representantes de instituições envolvidas na Chamada 22. Os dados secundários foram coletados na base de dados da Aneel, bem como em sites, relatórios e comunicados de imprensa de todas as empresas, órgãos públicos, institutos de pesquisa e universidades que participaram da Chamada 22, totalizando mais de 170 documentos analisados.

Segundo os dados coletados ao longo da pesquisa, um dos principais resultados da Chamada 22 é a criação das redes de inovação. Muitos entrevistados destacaram a importância dessa rede de atores ligados à mobilidade elétrica. Por exemplo, um dos entrevistados disse que “o principal legado da Chamada 22 é o sucesso das redes de inovação”, enquanto outro afirmou que “[a criação da] rede de inovação é o principal ganho [da Chamada 22]”. Segundo os entrevistados, a Chamada 22 conseguiu reunir os mais importantes atores do setor elétrico para trabalhar com mobilidade elétrica, mudando a forma como este setor se relaciona com o setor de mobilidade urbana no Brasil.

O estabelecimento de uma rede de atores em torno de uma nova tecnologia é um passo importante na consolidação de novas tecnologias. E os dados da pesquisa mostram que a Chamada 22 está sendo capaz de fomentar essa rede de atores para além dos projetos individuais. Uma vez que muitos atores estão atuando em mais de um projeto da Chamada 22, verifica-se a criação de uma rede que interconecta a maior parte dos projetos de chamada entre si. A troca de informações dentro dessa rede ainda não está bem estabelecida e não é totalmente fluida, como indicaram alguns entrevistados. Contudo, ela já tem colaborado para articular e consolidar entre seus atores uma visão mais uniforme sobre qual deve ser o futuro da mobilidade elétrica no Brasil e de como o setor elétrico pode contribuir para acelerar a transição para os veículos elétricos.

A Chamada 22 também está ajudando a criar processos de aprendizagem em múltiplas dimensões. A troca de conhecimento entre os participantes dos projetos é um exemplo desse processo, e foi mencionada por vários entrevistados.

Além disso, alguns entrevistados apontaram a importância da Chamada 22 na capacitação da força de trabalho em mobilidade elétrica. Isso está acontecendo não apenas no trabalho diretamente ligado aos projetos, mas também nos cursos e treinamentos sobre mobilidade elétrica que fazem parte de muitos dos projetos. Por exemplo, um entrevistado disse que a Chamada 22 está incentivando diversas empresas a capacitar sua força de trabalho para dar manutenção em equipamentos ligados à mobilidade elétrica, como carregadores elétricos. Outro entrevistado afirmou que a Chamada 22 está sendo importante para a formação de profissionais em todos os níveis da cadeia de valor dos veículos elétricos.

Os projetos da Chamada 22 estão contribuindo para consolidar os veículos elétricos como a principal alternativa para mitigar as emissões de gases de efeito estufa (GEE) no setor de mobilidade urbana brasileira. Por exemplo, muitos dos entrevistados destacaram que os experimentos aumentaram a visibilidade dos veículos elétricos na mídia. Um entrevistado disse que “a inauguração dos postos de carregamento de veículos elétricos chama muita atenção da mídia e de políticos. Isso desperta a curiosidade sobre esta tecnologia”. Outros entrevistados apontaram que os projetos estão aproximando a mobilidade elétrica do público, ajudando a desmistificar os veículos elétricos para muitas pessoas. Muitos experimentos estão oferecendo a essas pessoas o primeiro contato com um veículo elétrico. Por exemplo, um dos entrevistados afirmou que “as pessoas só começaram a falar de mobilidade elétrica por aqui depois do nosso projeto para a Chamada 22”. Além disso, alguns entrevistados afirmaram que a Chamada 22 está mostrando para pessoas físicas e jurídicas que investir em veículos elétricos é economicamente viável.

Muitos entrevistados destacaram também a importância da infraestrutura de postos de carregamento que está sendo instalada pelos projetos da Chamada 22. Segundo um dos entrevistados, “essa infraestrutura será um dos principais legados do programa”. Além disso, outro entrevistado afirmou que os investimentos em carregadores rápidos serão o maior legado da Chamada 22. Ele afirmou que “a falta de carregadores rápidos para veículos elétricos nas rodovias brasileiras é um grande problema para os proprietários desses veículos”. Segundo ele, “sem a Chamada 22 não haveria esse investimento em carregadores rápidos [no Brasil]”.

Dados secundários corroboram este argumento dos entrevistados. A Figura 1 e a Figura 2 mostram mapas dos postos de carregamento de veículos elétricos no Brasil no início de 2019 e em meados de 2022, respectivamente. Nestas

A PROTEÇÃO

QUE SUA

ENERGIA

PRECISA



Linha
DPS Ecobox

figuras, as estações de carregamento marcadas em verde são carregadores convencionais, enquanto as marcadas em laranja são carregadores rápidos. As figuras indicam, claramente, que o número de postos de carregamento aumentou consideravelmente desde o início da Chamada 22.

Embora nem todos esses postos de carregamento tenham sido instalados por meio dos projetos da Chamada 22, há claramente uma correlação entre o programa e o aumento dos postos de carregamento de veículos elétricos disponíveis no Brasil. A Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE) inclusive reconheceu o papel da Chamada 22 na disseminação dos postos de carregamento no Brasil durante um evento sobre mobilidade elétrica promovido pelo Instituto de Engenharia em 2022.

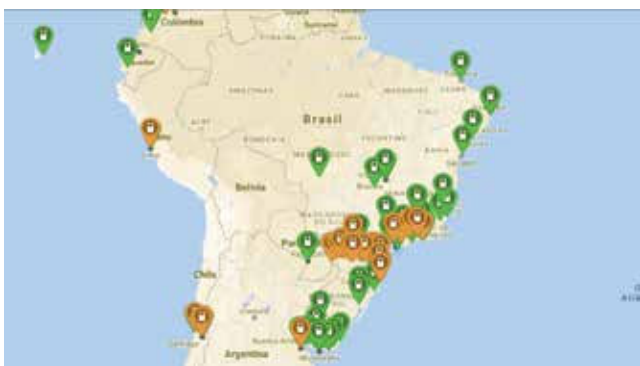


Figura 1 – Postos de carregamento de veículos elétricos no Brasil em abril de 2019 (não incluiu carregadores residenciais). Fonte: Disponível em <https://carroeletrico.com.br/blog/plugshare/>



Figura 2 – Postos de carregamento de veículos elétricos no Brasil em agosto de 2022 (não incluiu carregadores residenciais). Fonte: Disponível em <https://www.plugshare.com>.

Um entrevistado da pesquisa destacou que a Chamada 22 trouxe à tona o importante debate sobre a precariedade da infraestrutura para receber veículos elétricos no Brasil. Esse debate pode gerar ainda mais investimentos para a instalação de postos de carregamento. Além disso, alguns entrevistados indicaram que os postos de carregamento que estão sendo instalados pelos projetos da Chamada 22 podem ser suficientes

para resolver o problema de investimento versus demanda que atrapalha a disseminação desses equipamentos: as empresas não querem investir em postos de carregamento para veículos elétricos porque não há demanda suficiente para justificar esses investimentos, mas, ao mesmo tempo, os consumidores têm receio de comprar veículos elétricos porque não há uma rede significativa de carregadores.

Vários entrevistados indicaram ainda que o desenvolvimento de novos modelos de negócios para tornar o carregamento de veículos elétricos lucrativo também é um impacto importante da Chamada 22 na mobilidade elétrica brasileira. Segundo um entrevistado, os projetos estão permitindo que as empresas testem modelos de negócio inovadores em um ambiente seguro. Esses testes estão fazendo com que as empresas “percam o medo” de investir em mobilidade elétrica no Brasil.

Finalmente, muitos entrevistados também destacaram a importância da Chamada 22 na melhoria da regulamentação existente sobre mobilidade elétrica, principalmente no que diz respeito ao carregamento de veículos elétricos. Esses entrevistados acreditam que mudanças regulatórias são necessárias para viabilizar novos modelos de negócios relacionados à mobilidade elétrica. Por exemplo, muitos entrevistados apontaram que o Brasil ainda não possui uma regulamentação clara e robusta para a cobrança da recarga de veículos elétricos, necessária para minimizar o risco das concessionárias ao investirem nesse tipo de negócio. Além disso, um dos entrevistados destacou que a Chamada 22 não está apenas ajudando a melhorar a regulamentação atual, mas também está desempenhando um papel importante de incentivar a criação de políticas públicas voltadas para a mobilidade elétrica.

Os resultados da pesquisa mostram que a Chamada 22 tem um papel muito importante para a consolidação do carro elétrico no Brasil. O programa está ajudando a criar uma rede de atores ligados à mobilidade elétrica, promovendo a capacitação de mão-de-obra para atuar com veículos elétricos e contribuindo para articular as expectativas e visões de futuro sobre a mobilidade elétrica no Brasil. A Chamada 22 também está sendo fundamental para expandir a infraestrutura de postos de carregamento de veículos elétricos no Brasil, no desenvolvimento de novos modelos de negócio e no aprimoramento da regulação existente.

Além disso, os resultados da Chamada 22 mostram que não é preciso muito investimento governamental e incentivos para que as empresas invistam em mobilidade elétrica. Um sinal claro do governo de que a mobilidade elétrica fará parte do futuro da mobilidade urbana brasileira seria suficiente para que muitas

empresas do setor elétrico passassem a investir mais nessa área, especialmente diante das tendências globais muito claras rumo à eletrificação da mobilidade urbana. Essa sinalização do governo envolve incentivos financeiros e investimentos (por exemplo, incentivos fiscais) e leis, regulamentos e normas para regular a mobilidade elétrica, especialmente no que diz respeito ao setor elétrico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

CONSONI, Flávia; OLIVEIRA, Altair; BARASSA, Edgar; MARTÍNEZ, Jenyfeer; MARQUES, Marcos; BERMÚDEZ, Tatiana. *Estudo de Governança e Políticas Públicas para Veículos Elétricos Estudo de Governança e Políticas Públicas para Veículos Elétricos*. Brasília. 2018.

ANEEL. Chamada No 022/2018 Projeto Estratégico: “Desenvolvimento de soluções em Mobilidade elétrica eficiente”. Brasília, 2019.

CGEE. *Prospecção tecnológica no setor elétrico brasileiro: Documento Executivo*. Brasília. 2017. Disponível em: [https://](https://energia.cgee.org.br/documents/923365/1026936/Volume+6-8+Evo+lução+tecnológica+nacional+no+segmento+de+eficiência+energética/4e10e53d-ba31-4f66-887d-112feda936e3?version=1.2)

energia.cgee.org.br/documents/923365/1026936/Volume+6-8+Evo+lução+tecnológica+nacional+no+segmento+de+eficiência+energética/4e10e53d-ba31-4f66-887d-112feda936e3?version=1.2.

COUTINHO, Gabriel. *Multi-system sustainability transitions in developing countries: a case study of the electric car in Brazil*. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília. 2023.

CASTRO, Nivalde; ROSENAL Rubens; MOSZKOWICZ, Mauricio. *20 anos do Programa de P&D da ANEEL: comemorar ou relegar?* 2020. Disponível em https://gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/58_castro259.pdf.

*Gabriel Leuzinger Coutinho é engenheiro eletricista, com mestrado e doutorado em desenvolvimento sustentável pela Universidade de Brasília (UnB) e MBA em gerenciamento de projetos pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). Trabalhou como engenheiro na Tractebel de 2011 a 2017. Foi coordenador do Grupo de Pesquisa em Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do UniCEUB e pesquisador na UnB de 2017 a 2021, onde atuou em projetos internacionais sobre energias renováveis, segurança energética e mobilidade elétrica. Atualmente, trabalha como cientista de dados na Idwall.



URP 6000 / 6100

RELÉS DE PROTEÇÃO PARA INTERLIGAÇÃO GERADOR-REDE



Estaremos expondo nossas soluções em relés de proteção na 42ª edição do Circuito Nacional do Setor Elétrico.

10 a 11 de maio de 2023

RIO DE JANEIRO
Centro de Convenções Expo Mag

MINIGERAÇÃO FOTOVOLTAICA

As modernas plantas de geração fotovoltaica necessitam estar integradas através de um sistema supervisorio para o monitoramento dos equipamentos instalados.

O relé URP 6000 possui porta serial traseira RS485, com protocolos MODBUS RTU e DNP3 L2, especifica para este tipo de automação, além de possuir 04 grupos de ajuste, para diferentes condições de operação.



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



VENDAS: +55 (11)
5094-3200



Avaliação de energia incidente

Por Luiz Carlos Catelani Junior*



Capítulo II

Cálculo de energia incidente – Modelo IEEE 1584 - Edição 2018 baixa tensão

No ano de 2021 as principais normas que tratavam da estimativa e cálculo de energia incidente sofreram revisões e foram lançadas nas suas versões atualizadas.

Neste caso, estamos nos referindo a NFPA© 70E – 2021 e IEEE© 1584 – 2018.

A grande alteração é que a metodologia do IEEE 1584 da edição de 2002 foi totalmente atualizada e essa atualização também foi reproduzida na edição da NFPA 70E - 2021. Ficando assim uma harmonia como referência normativa.

No caso da IEEE© 1584 – 2018 a citação que existia no passado em relação à metodologia de Ralph Lee foi retirada do texto. Agora a norma fica restrita aos valores de contorno mostrados abaixo e não indica ou recomenda qualquer tipo de metodologia fora da sua abrangência do modelo matemático.

Limites transcritos da IEEE© 1584 – 2018:

- Tensão trifásica de 208 V – 15.000 V
- Frequência 50 Hz ou 60 Hz
- Corrente de curto-circuito: simétrica
 - 208 V à 600 V: 500 A – 106.000 A
 - 601 V à 15.000 V: 200 A – 65 000 A
- Distâncias entre eletrodos:
 - 208 V à 600 V: 6,35 mm – 76,2 mm
 - 601 V à 15 000 V: 19,05 mm – 254,0 mm

Outra grande mudança está no fato que não é mais levado em conta o sistema de aterramento da fonte. No passado existia o cálculo para as opções: aterrado “ground” ou não aterrado “unground” o que alterava os valores calculados.

Na edição de 2002 toda a metodologia de cálculo era feita com

eletrodos na posição vertical em configuração aberto “open” ou enclausurado “closed”.

Com a revisão a posição do eletrodo passa a ter cinco opções distintas:

- VCB (vertical conductor in the box)
- HCB (horizontal conductor in the box)
- VOA (vertical conductor open air)
- HOA (horizontal conductor open air)
- VCBB (vertical conductor in the box with barrier)

A configuração VCB corresponde analogamente a condição “Box” da edição anterior, enquanto a configuração VOA a situação “open”.

Outra mudança que houve foi na classificação dos equipamentos. Na edição de 2002 havia a possibilidade:

- Cable
- Open air
- MCC
- Switchgear

Essa denominação também não existe mais desta forma levando agora o tamanho do invólucro como parâmetro para cálculo.

Os tamanhos considerados padrões estão relacionados na Tabela 1.

TABELA 1 – DIMENSÃO PADRÃO DOS INVÓLUCROS.

Open Voltage	Tamanho [mm]	Tamanho [in]
600 V	508 x 508 x 508	20 x 20 x 20
2700 V	660,4 x 660,4 x 660,4	26 x 26 x 26
14300 V	914,4 x 914,4 x 914,4	36 x 36 x 36

Foi também dividido em classes de tensão para a aproximação dos cálculos sendo elas:

- 600 V
- 2700 V
- 14300 V

Em função da tensão do sistema são feitas as aproximações previstas para as classes de tensão sendo tratado como baixa tensão até o valor de 600 V.

No caso sistemas de 690 V são tratados como interpolação de todas as três classes acima e usa a mesma metodologia para o cálculo de média tensão.

Devido a todas estas mudanças vamos estabelecer um roteiro para cálculo de energia incidente na baixa tensão (até 600 V) na versão de 2018.

A primeira etapa do cálculo consiste em determinar a corrente de arco na faixa de 600V.

$$I_{arc600} = 10^{(k1+k2 \log(I_{bf})+k3 \log(G))} \cdot (k4 I_{bf}^6 + k5 I_{bf}^5 + k6 I_{bf}^4 + k7 I_{bf}^3 + k8 I_{bf}^2 + k9 I_{bf}^1 + k10)$$

I_{bf} → Corrente de curto-circuito franca [kA]

G → Distância entre condutores [mm]

I_{arc600} → Corrente de arco intermediária faixa 600 V [kA]

k1 a k10 → constantes da Tabela 2

Para a distância entre eletrodos até 600 V os valores de 6,35 mm – 76,2 mm são permitidos no modelo matemático.

Após a obtenção da corrente de arco na faixa de 600 V deve-se fazer a interpolação para a tensão nominal do circuito.

TABELA 2 – CONSTANTES DA CORRENTE DE ARCO.

E.C./F _u	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	k9	k10	
VCB	600 V	-0.04287	1.035	-0.083	0	0	-4.783E-09	1.962E-06	-0.000229	0.003141	1.092
	2 700 V	0.0065	1.001	-0.024	-1.557E-12	4.556E-10	-4.186E-08	8.346E-07	5.482E-05	-0.003191	0.9729
	14 300 V	0.005795	1.015	-0.011	-1.557E-12	4.556E-10	-4.186E-08	8.346E-07	5.482E-05	-0.003191	0.9729
VCBB	600 V	-0.017432	0.98	-0.05	0	0	-5.767E-09	2.524E-06	-0.00034	0.01187	1.013
	2 700 V	0.002823	0.995	-0.0125	0	-9.204E-11	2.901E-08	-3.262E-06	0.0001569	-0.004003	0.9825
	14 300 V	0.014827	1.01	-0.01	0	-9.204E-11	2.901E-08	-3.262E-06	0.0001569	-0.004003	0.9825
HCB	600 V	0.054922	0.988	-0.11	0	0	-5.382E-09	2.316E-06	-0.000302	0.0091	0.9725
	2 700 V	0.001011	1.003	-0.0249	0	0	4.859E-10	-1.814E-07	-9.128E-06	-0.0007	0.9881
	14 300 V	0.008693	0.999	-0.02	0	-5.043E-11	2.233E-08	-3.046E-06	0.000116	-0.001145	0.9839
VOA	600 V	0.043785	1.04	-0.18	0	0	-4.783E-09	1.962E-06	-0.000229	0.003141	1.092
	2 700 V	-0.02395	1.006	-0.0188	-1.557E-12	4.556E-10	-4.186E-08	8.346E-07	5.482E-05	-0.003191	0.9729
	14 300 V	0.005371	1.0102	-0.029	-1.557E-12	4.556E-10	-4.186E-08	8.346E-07	5.482E-05	-0.003191	0.9729
HOA	600 V	0.111147	1.008	-0.24	0	0	-3.895E-09	1.641E-06	-0.000197	0.002615	1.1
	2 700 V	0.000435	1.006	-0.038	0	0	7.859E-10	-1.914E-07	-9.128E-06	-0.0007	0.9981
	14 300 V	0.000904	0.999	-0.02	0	0	7.859E-10	-1.914E-07	-9.128E-06	-0.0007	0.9981

Detecção inteligente contra Arcos Elétricos

O **Zygot Arco** protege sistemas elétricos e componentes através de uma rede inteligente de sensores que detectam arco elétrico através da radiação UV. Pode ser aplicado em painéis elétricos de baixa, média e alta tensão e em aplicações externas. Importante: não atua com luz visível e dispensa leitura de corrente. A solução mais rápida do mercado.



◀ Saiba mais



VARIXX

$$I_{arc} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{0,6}{V_{oc}}\right)^2 \cdot \left(\frac{1}{I_{arc600}^2} - \left(\frac{0,6^2 - V_{oc}^2}{0,6^2 \cdot I_b f^2}\right)\right)}}$$

V_{oc} → Tensão nominal do circuito [kV]

I_{bf} → Corrente de curto-circuito franca [kA]

I_{arc600} → Corrente de arco intermediária 600 V [kA]

I_{arc} → Corrente de arco [kA]

Com a corrente de arco calculada passa a calcular a corrente de arco mínima.

$$VarCf = k1 Voc^6 + k2 Voc^5 + k3 Voc^4 + k4 Voc^3 + k5 Voc^2 + k6 Voc + k7$$

$$Cf = 1 - 0,5 \cdot VarCF$$

V_{oc} → Tensão nominal do circuito [kV]

$k1$ a $k7$ → constantes da Tabela 3

Cf → Coeficiente de variação da corrente de arco

TABELA 3 – CÁLCULO DO LIMITE INFERIOR DA CORRENTE DE ARCO.

E.C.	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7
VCB	0	-0.000014269	0.000083137	-0.0019382	0.022366	-0.12643	0.30226
VCBB	3.138e-06	-6.0297e-05	0.0012758	-0.013778	0.000217	-0.24066	0.33524
HCB	0	-3.097e-06	0.00016405	-0.0033609	0.033308	-0.16182	0.34627
VOA	0.5606E-07	-5.1543E-03	0.0011161	-0.01242	0.075125	-0.23584	0.33696
HOA	0	-3.1555e-06	0.0001682	-0.0034607	0.034124	-0.1399	0.34629

$$I_{arc_min} = Cf \times I_{arc}$$

Diferente da versão passada da norma onde “Correction fator (Cf)” era fixo e igual a 0,85.

Com o valor da corrente de arco e a corrente de arco mínimo deve ser obtido o tempo de atuação da proteção.

Para a determinação do tempo de eliminação do arco elétrico, que corresponde à soma do tempo da unidade de proteção mais o tempo de abertura do dispositivo de seccionamento, não há mais os valores padronizados conforme a versão antiga.

Agora ela remete todas essas considerações a IEEE Std. 551 – Violet Book. Como recomendação geral só sinaliza que para baixa tensão, os tempos de eliminação do arco não deve ser inferior a 50 ms para disjuntores e no caso de fusíveis não inferior a 10 ms.

Sempre o fabricante dos equipamentos deve ser consultado para obtenção dos tempos. O valor a ser solicitado é o “breaking time” que corresponde ao tempo total desde o início do defeito até a extinção do arco.

Outro ponto é a obtenção da correção do fator de forma dos

TABELA 5 – CONSTANTES PARA CÁLCULO DA ENERGIA INCIDENTE.

600 V	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	k9	k10	k11	k12	k13
VCB	0.753364	0.566	1.752636	0	0	-4.783E-09	0.00001962	-0.000229	0.003141	1.092	0	-1.598	0.957
VCBB	3.068459	0.26	-0.098107	0	0	-5.767E-09	0.00002524	-0.00034	0.01187	1.013	-0.06	-1.809	1.19
HCB	4.073745	0.344	-0.370259	0	0	-5.382E-09	0.00002316	-0.000302	0.0091	0.9725	0	-2.03	1.036
VOA	0.679294	0.746	1.222636	0	0	-4.783E-09	0.00001962	-0.000229	0.003141	1.092	0	-1.598	0.997
HOA	3.470417	0.465	-0.261863	0	0	-3.895E-09	0.00001641	-0.000197	0.002615	1.1	0	-1.99	1.04

compartimentos em função do tamanho.

Essa fórmula é válida para compartimentos de 508 mm até 660,4 mm e enquadra a faixa padrão de cálculo para compartimentos em baixa tensão.

Height → Altura do compartimento [mm]

Width → Largura do compartimento [mm]

Height1 = Height . 0,03937

Width1 = Width . 0,03937

$$EES = \frac{Height1 + Width1}{2}$$

EES → Tamanho equivalente do invólucro [in]

Com o tamanho equivalente do invólucro (EES) será obtido o valor de correção (CF).

$$CF = b1 \cdot EES^2 + b2 \cdot EES + b3$$

CF → Correção de fator

$b1, b2$ e $b3$ → constantes da norma da Tabela 4

TABELA 4 – CONSTANTES PARA CORREÇÃO DO TAMANHO INVÓLUCRO.

Box type	E.C.	b1	b2	b3
Typical	VCB	-0.000302	0.03441	0.4325
	VCBB	-0.0002976	0.032	0.479
	HCB	-0.0001923	0.01935	0.6899

Cálculo da energia incidente na faixa de 600 V.

Por se tratar de tensão até 600 V só é feito o cálculo nesta faixa de tensão.

$$E_{<600} = \frac{12552}{50} \cdot t \cdot 10^{[A+B+C]}$$

$$A = k_1 + k_2 \cdot \log(G)$$

$$B = \frac{k_3 \cdot I_{arc600}}{k_4 I_b f^7 + k_5 I_b f^6 + k_6 I_b f^5 + k_7 I_b f^4 + k_8 I_b f^3 + k_9 I_b f^2 + k_{10} I_b f}$$

$$C = k_{11} \log(I_b f) + k_{12} \log(D) + k_{13} \log(I_{arc}) + \log\left(\frac{1}{CF}\right)$$

Onde:

$E_{<600}$ → Energia incidente [J/cm²]

t → Tempo de duração do arco elétrico [ms]

G → Distância entre condutores [mm]

I_{arc600} → Corrente de arco extrapolada para 600 V [kA]

I_{arc} → Corrente de arco [kA]

K_1 .. K_{13} → Constantes da Tabela 5

D → Distância do arco elétrico [mm]

CF → Fator de correção da forma do painel

BRVAL

ELECTRICAL

Soluções sob medida para uso ao tempo e uso abrigado.

BR6

Painel Compacto SF6 até 36kV
Testado conforme NBR IEC 62271-200



Uso abrigado



Uso ao tempo

G2 SLIM

Painel isolado à AR até 17,5kV
Testado conforme NBR IEC 62271-200



Uso abrigado



Uso ao tempo

BR-POWER

Transformador a seco MT até 36,2kV
Testado conforme NBR 5356



Uso abrigado

(IP00, IP21 e IP23)



Uso ao tempo

(IP54)

PROSE7

Painel de baixa tensão até 1000V
Testado conforme NBR IEC 61439



Uso abrigado



Uso ao tempo

ACESSE AQUI
DESENHOS TÉCNICOS INDIVIDUALIZADOS



BRVAL
ELECTRICAL

Atendimento ao Cliente | Vendas:

Av. Pastor Martin Luther King Jr. 126 Bl. 09 Torre 2 - Salas 1108 a 1111
Del Castilho (Shopping Nova América Condomínio Offices) - Rio de Janeiro - RJ
CEP 20.765-000 | ☎ 21 3812-3100 | 📠 21 97105-6853 | vendas@brval.com.br

Fábrica Sede:

Rodovia RJ 145, nº 27.295B - Canteiro - Valença - RJ
CEP 27.600-000 | 📞 24 2453-5004 | 📞 2453-5394 | sac@brval.com.br

Nova Unidade SP:

Rua Ribeirão Preto, nº 46 - Jardim Leocadia - Sorocaba - SP
CEP 18.085-380 | 📞 15 3327-3866 | 📞 15 99243-1717 | brvalsr@brval.com.br

✉ vendas@brval.com.br 🌐 www.brval.com.br 📱 @brvalelectrical

Finalmente o cálculo de distância de aproximação no limite de arco elétrico (Arc Flash Boundary - AFB).

Essa distância corresponde ao valor na qual a energia obtida é igual a 5 J/cm² ou 1,2 cal/cm².

$$AFB_{<600} = 10^{\left(\frac{A+B+F}{-K12}\right)}$$

$$A = k_1 + k_2 \cdot \log(G)$$

$$B = \frac{k_3 \cdot I_{arc600}}{k_4 \cdot I_{bf}^7 + k_5 \cdot I_{bf}^6 + k_6 \cdot I_{bf}^5 + k_7 \cdot I_{bf}^4 + k_8 \cdot I_{bf}^3 + k_9 \cdot I_{bf}^2 + k_{10} \cdot I_{bf}^1}$$

$$F = k_{11} \cdot \log(I_{bf}) + k_{13} \cdot \log(I_{arc}) + \log\left(\frac{1}{CF}\right) - \log\left(\frac{20}{t}\right)$$

AFB_{<600} → Limite de aproximação para arco elétrico [mm]

t → Tempo de duração do arco elétrico [ms]

G → Distância entre condutores [mm]

I_{arc600} → Corrente de arco extrapolada para 600 V [kA]

I_{arc} → Corrente de arco [kA]

K1 ..K13 → Constantes da tabela 5

CF → Fator de correção da forma do painel

O modelo de cálculo se tornou mais complexo e trabalhoso matematicamente. Visando uma didática vamos fazer um exemplo passo a passo de um equipamento com as seguintes características:

Painel de Baixa Tensão – VCB (eletrodos verticais enclausurados)

Tensão nominal – 480 V

Corrente de curto-circuito – 40 kA

Tamanho do compartimento – 508 x 508 x 508 mm (20' x 20' x 20')

Tempo de eliminação do arco – deverá ser confirmado após o cálculo da corrente de arco mínima

Gap – 32 mm

Distância de trabalho – 610 mm

Cálculo da energia incidente passo a passo

1) Calcular a corrente de arco interpolada na faixa de 600 V

Valores utilizados da Tabela 2 (VCB – 600V)

k1	k2	k3	k4	k5
-0.04287	1.035	-0.083	0	0

k6	k7	k8	k9	k10
-4.783E-09	1,96E-03	-0.000229	0.003141	1.092

$$I_{arc600} = 29,83 \text{ kA}$$

2) Calcular a corrente de arco na tensão estipulada

$$I_{arc} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{0,6}{Voc}\right)^2 \cdot \left(\frac{1}{I_{arc600}^2} - \left(\frac{0,6^2 - Voc^2}{0,6^2 \cdot I_{bf}^2}\right)\right)}}$$

$$I_{arc} = 26,68 \text{ kA}$$

3) Estimar a variação de corrente

$$VarCf = k1 Voc^6 + k2 Voc^5 + k3 Voc^4 + k4 Voc^3 + k5 Voc^2 + k6 Voc^1 + k7$$

$$Cf = 1 - 0,5 \cdot VarCf$$

k1	k2	k3
0	-0.000014269	0,000083137

k4	k5	k6	k7
-0.0019382	0,022366	-0.12645	0,30226

$$VarCf = 0,2465$$

$$Cf = 0,8767$$

Mínima corrente de arco elétrico

$$I_{arc_min} = Cf \times I_{arc}$$

$$I_{arc_min} = 23,39 \text{ kA}$$

4) Correção do tamanho do compartimento

Os valores da dimensão do invólucro devem ser convertidos em polegadas

Height = 508 mm

Width = 508 mm

Height1 = Height . 0,03937

Width1 = Width . 0,03937

Height1 = 20'

Width1 = 20'

$$EES = \frac{Height1 + Width1}{2}$$

$$EES = 20 \text{ in}$$

$$CF = b1 \cdot EES^2 + b2 \cdot EES + b3$$

Valores obtidos da Tabela 4 (VCB).

b1	b2	b3
-0.000302	0,03441	0,4325

$$CF = 0,999$$

5) Determinar o tempo de atuação da proteção

Para obtenção do tempo de eliminação do arco elétrico foi consultado o gráfico I x t Figura 2 fornecido pelo fabricante do elemento de proteção.

O tempo é definido pela corrente de arco mínima para garantir uma margem de segurança.

Ajuste do dispositivo de proteção por sobrecorrente é exibido na Figura 1.

Range	Masterpact	
Circuit-breaker	NW25H1	
Trip unit/curve	Micrologic 5.0 A	
Rating	2500.00	
Long-time		
I_o		
I_r	1.00	2500.0A
t_r	24.0	24.0s
Short-time		
I_m/t_{sd}	4.00	10000.0A
I_{st} (delay)	OFF	
t_m/t_{sd}	0.10	0.10s
Instantaneous		
I_i	OFF	
Discrimination		
Limit	Upstream device	

Figura 1 – Ajustes do disjuntor do painel.

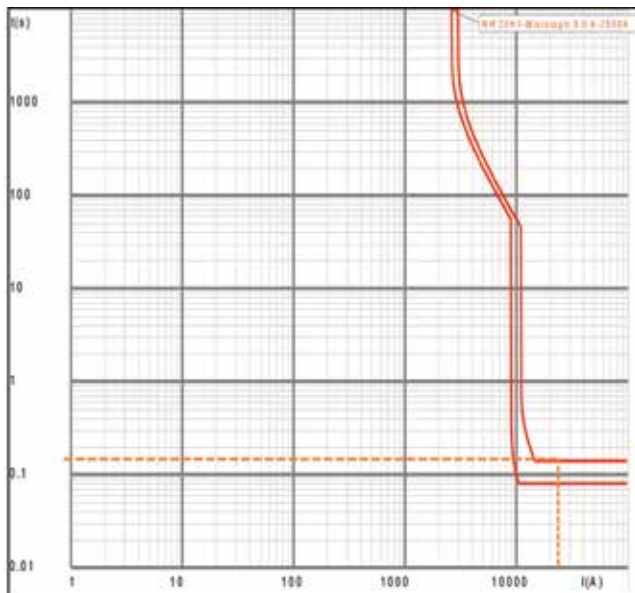


Figura 2 – Curva de tempo x corrente.

Desta forma, o tempo da proteção utilizado será de 150 ms. O tempo de eliminação considerado será o tempo de ajuste da unidade magnética de 100 ms e acrescido o 50 ms de abertura do disjuntor conforme obtido com o fabricante.

Condumax
FIOS E CABOS ELÉTRICOS

Um novo tempo para os SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.

Aumente a durabilidade dos seus sistemas com cabos **SolarMax Flex**.

O primeiro cabo fotovoltaico certificado no Brasil e a escolha de grandes empresas.

Referência no mercado de usinas de energia solar e indústrias.



Qualidade e tecnologia que resistem a:

- Grandes oscilações de energia
- Radiação UV
- Alta e baixa temperatura
- Soluções ácidas e alcalinas



Baixe o nosso catálogo e solicite uma demonstração técnica

0800 701 3701
www.condumax.com.br

6) Cálculo da energia incidente

$$E_{<600} = \frac{12552}{50} \cdot t \cdot 10^{(A+B+C)}$$

$$A = k_1 + k_2 \cdot \log(G)$$

$$B = \frac{k_3 \cdot I_{arc600}}{k_4 Ibf^7 + k_5 Ibf^6 + k_6 Ibf^5 + k_7 Ibf^4 + k_8 Ibf^3 + k_9 Ibf^2 + k_{10} Ibf^1}$$

$$C = k_{11} \log(Ibf) + k_{12} \log(D) + k_{13} \log(I_{arc}) + \log\left(\frac{1}{CF}\right)$$

Valores das constantes obtidos na Tabela 5 (VCB – 600V).

k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7
0,753364	0,566	1,752636	0	0	-4.783E-09	0,000001962
k8	k9	k10	k11	k12	k13	
-0.000229	0,003141	1,092	0	-1.598	0,957	

Ei = 28,19 J/cm² ou 6,74 cal/cm²

7) Cálculo da distância de segurança para arco elétrico

$$AFB_{<600} = 10^{\left(\frac{A+B+F}{-k_{12}}\right)}$$

$$A = k_1 + k_2 \cdot \log(G)$$

$$B = \frac{k_3 \cdot I_{arc600}}{k_4 Ibf^7 + k_5 Ibf^6 + k_6 Ibf^5 + k_7 Ibf^4 + k_8 Ibf^3 + k_9 Ibf^2 + k_{10} Ibf^1}$$

$$F = k_{11} \log(Ibf) + k_{13} \log(I_{arc}) + \log\left(\frac{1}{CF}\right) - \log\left(\frac{20}{t}\right)$$

Valores das constantes obtidos na Tabela 5 (VCB – 600V).

k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7
0,753364	0,566	1,752636	0	0	-4.783E-09	0,000001962
k8	k9	k10	k11	k12	k13	
-0.000229	0,003141	1,092	0	-1.598	0,957	

AFB_{<600} = 1796 mm

Para efeitos de comparação será estimado a energia incidente pelo método de 2002 e para a posição de eletrodo HCB versão 2018 nas mesmas condições.

VCB 2002 unground	VCB 2002 ground	VCB 2018	HCB 2018
8,66 cal/cm²	6,67 cal/cm²	6,74 cal/cm²	12,15 cal/cm²

No caso para a distância de segurança em relação ao arco elétrico:

VCB 2002 unground	VCB 2002 ground	VCB 2018	HCB 2018
2333 mm	1955 mm	1796 mm	1908 mm

A grande mudança nos valores de energia incidente se dá pela posição do eletrodo. Quando comparamos o modelo de 2002 e 2018 para condição VCB a diferença não é tão expressiva, já o mesmo não ocorre com a posição HCB.

Fazendo uma interpolação entre as metodologias de 2002 e 2018 pode-se dizer que os valores obtidos com a versão da IEEE 1584 - 2002 ficam entre as envoltórias da metodologia IEEE 1584 - 2018 para configuração VCB e HCB na faixa de corrente de 10 kA até 90 kA. Isto está demonstrado na Figura 3.

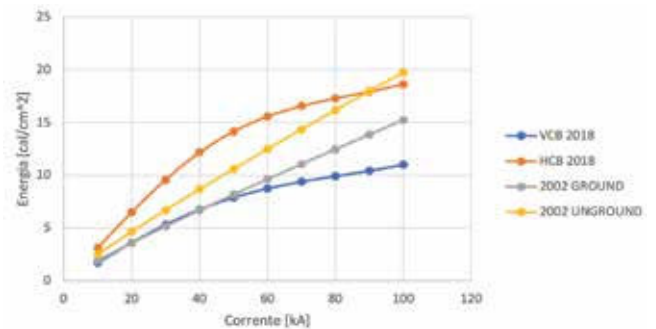


Figura 3 – Corrente de curto-circuito x energia incidente.

Caso a posição dos eletrodos permaneça na vertical o modelo de 2002 apresenta valores superiores ao de 2018.

A situação só se torna diferente se os eletrodos estejam na posição horizontal na qual os valores de 2018 sempre serão maiores.

A metodologia de cálculo para a energia incidente até 600 V em outras configurações segue a mesma sequência demonstrada acima, somente com a variação das constantes em função da posição dos eletrodos.

No próximo volume iremos abordar o cálculo da energia incidente até 15 kV.

*Luiz Carlos Catelani Junior é engenheiro eletricista 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.

POTÊNCIA E PERFORMANCE

SOB DEMANDA PARA PROJETOS ESPECIAIS.

Transformador de Força Itaipu

Potência de até 40.000 kVA

CLASSE DE TENSÃO DE 15, 24.2, 36.2, 72.5 E AGORA TAMBÉM DE 145 KV

CUSTOMIZADOS COM

- Óleo Mineral ou Vegetal
- Caixas Flangeadas
- Ventilação Forçada
- Relés de Proteção
- Termômetros com ou sem contato
- Comutador sob carga e muito mais

ISO 14001
SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL

ISO 45001
SISTEMA DE GESTÃO DE SAÚDE E SEGURANÇA

ISO 9001
SISTEMA DE GESTÃO DE QUALIDADE

ENTRE EM CONTATO E SOLICITE UM ORÇAMENTO



+55 16 3263 9400



ITAIPU
TRANSFORMADORES

www.itaiputransformadores.com.br

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

Modernização da distribuição

Por Lindemberg Reis*



Capítulo II

A modernização do segmento de distribuição de energia elétrica e o empoderamento dos usuários: o papel dos Sandboxes Tarifários

Ah, me diz uma coisa! Você se lembra onde estava no dia 24 de julho de 2019? Vai, faz um esforço! Não se lembra? Não tem problema, caro leitor, faz parte. Não fosse um dia marcante em minha vida, eu também não me lembraria. Além de ser meu aniversário, eu estava na Namíbia. Aliás, você sabe onde fica a Namíbia?

A Namíbia fica no sul da África, fazendo fronteira com a África do Sul, Botsuana, Angola, Zâmbia e Zimbábue, estes dois últimos por uma curta extensão geográfica. Mas um fato curioso sobre a Namíbia é que este país tem a segunda menor densidade demográfica do mundo, ficando à frente apenas da Mongólia. Ou seja, é muita terra para pouca gente.

Você dirige quase que um dia inteiro por rodovias majoritariamente não pavimentadas para encontrar uma cidade. Chega a ser quase desesperador, ainda mais para mim que estava com esposa e filho de apenas dois anos de idade no carro, dirigindo em mão inglesa. Mas fato é que, após comer poeira por um dia inteiro, chegamos na segunda maior cidade do país, Swakopmund. A segunda maior cidade do país tem, pasmem, uma população de pouco mais de 42 mil pessoas.

Naquela cidade decidimos ficar em uma casa, locada por plataforma de hospedagens. Quando chegamos à nossa residência, todos suados e empoeirados, advinha a primeira coisa que gostaríamos de fazer? Sim, tomar aquele banho reconfortante! Era início de noite, e as luzes precisaram de serem acesas. Quando íamos

colocar o menino na banheira, a energia elétrica foi-se embora.

Pensei, aff, o DEC e o FEC daqui devem ser um desastre. Fui logo perguntar à dona da casa, que morava no terreno ao lado, se esta minha suspeita era, de fato, a realidade local. Ela muito tranquilamente me disse que não, e que iria dar um jeito em minutos. Pediu-nos licença para adentrar na casa alugada. Abriu o quadro onde se localizava o medidor de energia, tomou seu smartphone e, intercambiando olhares entre um e outro, após uns 30 segundos ou pouco mais, me disse:

- A energia será restabelecida em, no máximo, cinco minutos.

Sabe aqueles desenhos animados em que o queixo do personagem vai até o chão quando vê algo nonsense? Eu devo ter feito a mesma cara. Tanto que ela se virou e disse para mim algo mais ou menos assim:

- Fique tranquilo. Eu tinha esquecido de colocar mais créditos de energia. Vai voltar logo!

O pré-pagamento na Namíbia já era uma realidade. Fiquei impressionado e externalizei isso depois no jantar à minha esposa, que embora o pré-pagamento de energia no Brasil já fosse normatizado, ele ainda não era vivenciado na prática. Mas então, ela me perguntou, o que falta para esta modalidade tarifária decolar no Brasil? Eu lhe disse: provavelmente, temos que reduzir as incertezas acerca de sua aplicação.

Anos mais tarde, para ser mais exato quase três anos e meio após, por força do destino – que teima em não nos revelar nada

antecipadamente -, eu viria a ser o coordenador de um projeto de pesquisa e desenvolvimento (P&D) inédito para o setor elétrico brasileiro, denominado de Governança de Sandboxes Tarifários. Mas o que é isso, meu Deus?

SANDBOXES TARIFÁRIOS

Sandboxes Tarifários são projetos para experimentação de novas modalidades tarifárias ou formas de faturamento, frente à necessidade atual de modernização das tarifas para os consumidores de baixa tensão. Eles ocorrem em um ambiente controlado, que permitem o adequado acompanhamento e aproveitamento dos resultados.

Estes Sandboxes Tarifários foram aprovados por meio da resolução normativa nº 966, de 14 de dezembro de 2021, a qual regulamenta o desenvolvimento e a aplicação de projetos-pilotos que envolvam faturamento diferenciado pelas concessionárias e permissionárias de serviço público de distribuição de energia elétrica.

Dias após a homologação da referida Resolução, a Aneel tornou público no Diário Oficial de 22 de dezembro de 2021, os critérios para elaboração de um projeto-piloto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) denominado de “Governança de Sandboxes Tarifários”. As propostas para este projeto inédito no Brasil seriam recebidas no prazo de até 120 dias, encerrando-se em 29/04/2022.

Por meio do despacho nº 1.291, de 17 de maio de 2022, a diretoria da Aneel aprovou o Projeto de Governança de Sandboxes Tarifários apresentado pela CPFL Paulista e pelo iAbradee, em conjunto com outras 30 distribuidoras.

A proposta pautou-se na estrutura de referência para execução do P&D de Governança de Sandboxes Tarifários (Figura 1), sendo previstos a concepção de Comitês, de Gestão e Consultivo, além das empresas executoras do projeto, sendo o iAbradee o agente de

coordenação de todo o P&D, a Innovare atuando como parecerista e empresa de pesquisas de opinião e a DGGB como empresa de comunicação.

Em síntese, as estruturas organizacionais do P&D têm as seguintes funções:

Ao Comitê Diretivo, constituído pela Aneel e suas unidades organizacionais, compete aprovar o início de cada subprojeto (Sandbox) por meio de Resolução Autorizativa e por acompanhar os Sandboxes Tarifários.

O Comitê Gestor tem caráter deliberativo, liderado pelo gerente do projeto. Fazem parte deste comitê representantes das empresas associadas e o coordenador do projeto de Governança. Esse comitê é responsável por acompanhar todos os aspectos relativos ao andamento do projeto de Governança, inclusive através da interlocução contínua com os demais órgãos de Governança.

O Comitê Consultivo é coordenado pelo Coordenador do Projeto (Instituto Abradee de Energia). Fará a avaliação técnica - prévia e final - dos subprojetos de Sandboxes, que serão elaboradas por pareceristas técnicos e subsidiará as deliberações do Comitê Gestor, a avaliação da evolução do projeto de Governança e dos subprojetos de Sandboxes.

Além disso, o Comitê Consultivo pode fazer a proposição de ações transversais como pesquisas, divulgação de resultados, a avaliação de critérios comparativos dos diversos subprojetos etc. Prevê a participação de membros das distribuidoras associadas, conselhos de consumidores, membros de instituições e autarquias do setor elétrico, de acordo com a necessidade.

A Equipe Executora é constituída pelo coordenador do Projeto e por colaboradores próprios e/ou terceirizados do Instituto Abradee de Energia, da DGGB Comunicação e Estratégia e do Instituto Innovare de Pesquisa.

1ª CHAMADA PÚBLICA DE SANDBOXES TARIFÁRIOS

Em 5 de agosto de 2022 foi instruído o processo para instauração da 1ª Chamada Pública de Sandboxes Tarifários a ser realizada no âmbito do Projeto de P&D de Governança. Entre agosto e novembro de 2022 o iAbradee e as distribuidoras participantes do P&D firmaram contratos, fazendo com o que o P&D de Governança de Sandboxes Tarifários se iniciasse em 1º de dezembro de 2022.

Em 22 de dezembro de 2022, por meio da Nota Técnica no 236/22, a Aneel prorrogou o prazo da 1ª Chamada Pública de Sandboxes Tarifários. Ficou admitido até o dia 10 de fevereiro de 2023 a apresentação das propostas de subprojetos pelas distribuidoras junto à Agência Reguladora.

Nesta mesma Nota Técnica (NT), se estabeleceu que a avaliação técnica inicial dos subprojetos pelo projeto de Governança fosse

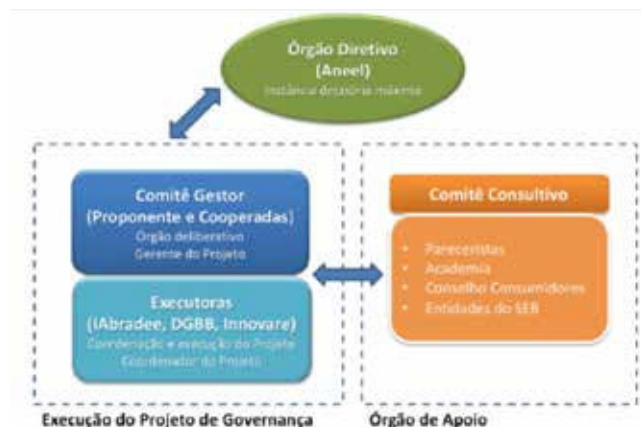


Figura 1 – Estrutura de Governança de P&Ds Sandboxes Tarifários.
 Nota Técnica nº 72/2022-SGT-SPE/ANEEL, de 16/05/2022.



Figura 2 – Propostas de subprojetos de Sandboxes Tarifários (elaboração própria do autor).

submetida à ANEEL até 13 de março de 2023. O último marco estabelecido na referida NT foi a data de 18 de abril de 2023 para a Aneel aprovar do início dos sandboxes priorizados pela Agência, por meio de resolução autorizativa.

PROPOSTAS RECEBIDAS NO ÂMBITO DA 1ª CHAMADA PÚBLICA DE SANDBOXES TARIFÁRIOS

No dia 10 de fevereiro de 2023, a Aneel disponibilizou as propostas recebidas no âmbito da 1ª chamada de Sandboxes Tarifários. Trata-se de 14 propostas de subprojetos impetrados por nove grupos econômicos, a saber: CEMIG, COPEL, CPFL, EDP, ENEL, Energisa, Equatorial, Neoenergia e Oliveira Energia. Os subprojetos tratam de diversos temas sobre melhoria e modernização do processo tarifário para a baixa tensão, conforme pode ser observado na Figura 2.

Como podemos observar, há uma variedade interessante de projetos que foram submetidos no âmbito da 1ª Chamada, abarcando temas como pré-pagamento, tarifas Time of Use (TOU), tarifas distintas por postos tarifários, esquemas tarifários específicos para MMDG e Microrredes, entre outras iniciativas.

O FUTURO

Não faz muito tempo, eu li em um elevador de um hotel onde estava hospedado que “Satisfazer o cliente é obrigação. O diferencial é mantê-lo encantado”. Descobri posteriormente que a frase é atribuída a Paulo Eduardo Dubiel, e eu concordo plenamente com ele. A ponto de eu ter a plena convicção de que estes exercícios tarifários futuros serão para encantar o consumidor de energia elétrica, uma vez que atendê-lo diariamente com o máximo esforço para satisfazer suas necessidades, o segmento de distribuição já o faz.

Nesta linha, no dia 17 de março de 2023 ocorreu o lançamento oficial do projeto de P&D de Governança de Sandboxes Tarifários. Em minha

fala, eu garanti que este projeto trata do empoderamento do consumidor, bem como busca dotar de sinais de preços mais equilibrados ao usuário de energia elétrica em face do uso eficiente dos recursos.

Os experimentos serão iniciados ainda no segundo semestre de 2023, e poderão ser conduzidos por até cinco anos, que é o prazo máximo do projeto de P&D. Após estes momentos experimentais, a Aneel terá em suas mãos ferramentas suficientes para propor aperfeiçoamentos nas tarifas dos usuários de baixa tensão, que são monômias desde a década de 1980.

AGORA VENHAM COMIGO NUMA VIAGEM NO TEMPO!

O ano é 2030. O casal chega ao Brasil, com filhinho a tiracolo, aluga uma casa e, se tiver curiosidade, apenas se tiver curiosidade, verá a fatura digital no celular do proprietário – não existe mais fatura impressa. Identificará que este escolheu produtos customizados ao seu padrão de vida – por exemplo, selo verde de compra de energia – acompanhará seu consumo real time, e poderá ver o preço da energia no mercado de curto prazo, saberá que a próxima interrupção programada para manutenção das redes será dali a três meses, mas o proprietário nem liga, afinal, tem painel e armazenamento. Mas o proprietário logo avisa: você vai locar veículo elétrico (VE), certo? Tudo bem. Pode recarregar aqui em casa. Mas olha só: a tarifa para VE é mais cara durante o dia, hein. Melhor recarregar o carro à noite. Se meu smartphone der sinal de recarga durante o dia vou ter que te cobrar uma multa, tá bem? O casal ficará de queixo caído!

*Lindemberg Reis é engenheiro eletricista com MBA em Finanças pelo IBMEC-RJ e pós-graduação em Sistemas de Produção, Refino e Transporte de Petróleo pelo SENAI-RJ. É formado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora e atualmente é gerente de Planejamento e Inteligência de Mercado na Abradee e coordenador do P&D de Governança de Sandboxes Tarifários.**

Renováveis

ENERGIAS COMPLEMENTARES

Ano 5 - Edição 68 / Março de 2023



Atitude.editorial



O Hidrogênio Verde e a descarbonização do planeta

APOIO





FASCÍCULO HIDROGÊNIO VERDE

Por *Monica Saraiva Panik**



Capítulo II

O HIDROGÊNIO VERDE E A DESCARBONIZAÇÃO DO PLANETA

30

A EXPECTATIVA DE DESENVOLVIMENTO DO MERCADO DE H2V E SUA IMPORTÂNCIA NA META GLOBAL DE DESCARBONIZAÇÃO

De acordo com a IRENA (Agência Internacional de Energia Renovável – estudo Geopolitics of the Energy Transformation, The Hydrogen Factor 2022), a transição energética em curso não tem precedentes devido a sua escala e ao profundo impacto nas tendências socioeconômicas, tecnológicas e geopolíticas estabelecidas em todo o mundo. As energias renováveis, em combinação com a eficiência energética, agora formam a vanguarda de uma transição energética global de longo alcance. Esta transição não é uma substituição de combustível, e sim uma mudança para um sistema diferente com rupturas políticas, técnicas, ambientais e econômicas.

A década de 2020 pode se tornar a era de uma grande corrida pela liderança em tecnologia, já que os custos provavelmente cairão acentuadamente com a ampliação do conhecimento e da infraestrutura necessária. O hidrogênio verde/renovável se tornará competitivo mais cedo em países como a China (graças aos seus eletrolisadores de baixo custo), ou Brasil e Índia (com energias renováveis baratas e preços de gás relativamente altos). A fabricação de equipamentos para plantas de H2 verde/renovável representa uma excelente oportunidade de mercado nos próximos anos e décadas. A cadeia de valor do hidrogênio é extensa e as estimativas apontam para

um potencial de mercado de US\$ 50 a 60 bilhões para eletrolisadores e um mercado de US\$ 21 a 25 bilhões para células a combustível em meados do século.

A inovação e as tecnologias emergentes podem mudar o cenário atual de manufatura. O hidrogênio pode facilitar o transporte da energia produzida por fontes renováveis em distâncias mais longas por meio de gasodutos e transporte marítimo. Países que tenham a combinação ideal de recursos renováveis abundantes e de baixo custo, espaço para parques solares ou eólicos e acesso à água dessalinizada ou de reuso, podem se tornar produtores de hidrogênio verde/renovável e seus derivados a custos competitivos, e exportar para grandes centros de demanda como a Europa e a Ásia. Novos Hub's de energia podem surgir em países que tradicionalmente não comercializam energia, os quais estão estabelecendo relações bilaterais baseadas em tecnologias e moléculas relacionadas ao hidrogênio. À medida que os laços econômicos entre os países mudam, sua dinâmica política também pode mudar.

O estudo Clean Hydrogen Monitor publicado pela Hydrogen Europe em 2022, faz um excelente panorama sobre o desenvolvimento do mercado de hidrogênio na Europa. De acordo com esse estudo, até agosto de 2022, um total de 27 países publicaram documentos com suas estratégias de hidrogênio, e outros 31 estão em fase de preparação. A Europa continua a liderar, com 16 países adotando

estratégias nacionais para o hidrogênio.

Nos últimos anos, a União Européia publicou o European Green Deal, a Estratégia Europeia de Hidrogênio e o pacote "Fit for 55", entre outros. Dentro dessas políticas, o hidrogênio é identificado como uma das principais tecnologias para a descarbonização e a segurança energética europeia, como parte do plano REPowerEU publicado em 2022, o qual aumenta significativamente a intensão da Europa de produzir localmente 10 Mt de hidrogênio verde/renovável e importar 10 Mt por ano. Paralelamente, os formuladores de políticas públicas têm trabalhado ativamente para a criação de demanda setorial na indústria e no transporte por meio de atos legislativos como a revisão das diretrizes do Programa de Energia Renovável, o novo ReFuelEU Aviation, o Fuel EU Marítimo, ou o Regulamento de Infraestrutura de Combustível Alternativo. Além disso, estão revisando o programa do gás e definindo regras para produção de hidrogênio verde/renovável e de baixo carbono para desenvolver um ambiente regulatório viável e claro.

[*] Mt [milhões de toneladas]

Mais da metade do consumo total de hidrogênio da União Européia, EFTA e Reino Unido ocorre em apenas quatro países: Alemanha (20%), Holanda (15%), Polônia (9%), e Espanha (7%). Até 2030: a Alemanha tem a maior demanda planejada na indústria, 2.122 kt H₂/

ano, totalizando 19% do total de projetos e 38% do consumo total de hidrogênio verde/renovável e de baixo carbono; a Suécia é o segundo maior consumidor com 701 kt H₂/ano, seguido por Holanda, França e Espanha com 571 kt H₂/ano, 537 kt H₂/ano e 523 kt H₂/ano, respectivamente. Até 2030, o consumo total planejado de hidrogênio verde/renovável e de baixo carbono nos projetos industriais rastreados é de 6,1 Mt H₂/ano, incluindo projetos com data operacional não divulgada. O total de 92,5% dos projetos usará a eletrólise para produção de hidrogênio. Em comparação, 5% dependerão de reforma com captura de carbono, e 2,5% usarão ambos os métodos ou usarão uma tecnologia desconhecida.

A crescente demanda de hidrogênio no mundo se deve às novas aplicações como por exemplo nos setores marítimo, aviação, residencial e comercial, transporte de carga e setores industriais chamados de "hard-to-abate" (difíceis de serem descarbonizados). O setor industrial representa 1/3 do consumo total de energia e 1/4 do total de emissão de CO₂. Indústrias de alumínio, química, petroquímica-refinaria, cimento, ferro, aço e papel necessitam de grande quantidade de energia para operar equipamentos como caldeiras, geradores e fornalhas. O hidrogênio verde pode ser produzido na própria planta e utilizado nos processos de produção substituindo matérias primas fósseis para reduzir CO₂ em grande escala.

Na indústria de aço, o hidrogênio pode ser usado como agente redutor em 100%, removendo o oxigênio do minério de ferro em novas plantas com a tecnologia de DRI (Direct Reduction Injection) e nos alto-fornos pode se fazer a substituição gradual do carvão no PCI ainda se pode utilizar o hidrogênio para a geração de energia limpa nos fornos elétricos. Na mineração o foco do uso do hidrogênio verde está na redução de custos em relação ao consumo e transporte de diesel, o que pode ser considerável em locais remotos. Um veículo de mineração tem em média de 800 a 1000 kW de potência e, portanto, a produção descentralizada de hidrogênio verde para abastecer esses veículos pode significar uma grande economia, além dos benefícios ambientais.

O setor de transportes mundial é responsável por mais de 25% de toda emissão de CO₂ e a tendência para sua descarbonização segue o caminho da eletrificação. No entanto, para que um veículo puramente elétrico seja emissão zero "do poço à roda", é preciso considerar a fonte de geração da eletricidade. Muita gente pensa que um veículo puramente elétrico é concorrente de um veículo a célula a combustível, mas na verdade ambos são veículos elétricos e a sinergia entre eles promove a redução de custos na produção em escala de componentes. Após 20 anos de desenvolvimento, as montadoras chegaram à conclusão que quanto maior o porte do veículo, maior é a vantagem para os veículos movidos a célula a combustível em autonomia (mesma que um veículo convencional), tempo de abastecimento (de 3 a 5 minutos) e custo. Desta forma, o setor de veículos pesados, principalmente caminhões e trens tem recebido maiores investimentos. Para qualquer tipo de veículo, o hidrogênio no Brasil pode combinar a rota da eletrificação com a de biocombustíveis.

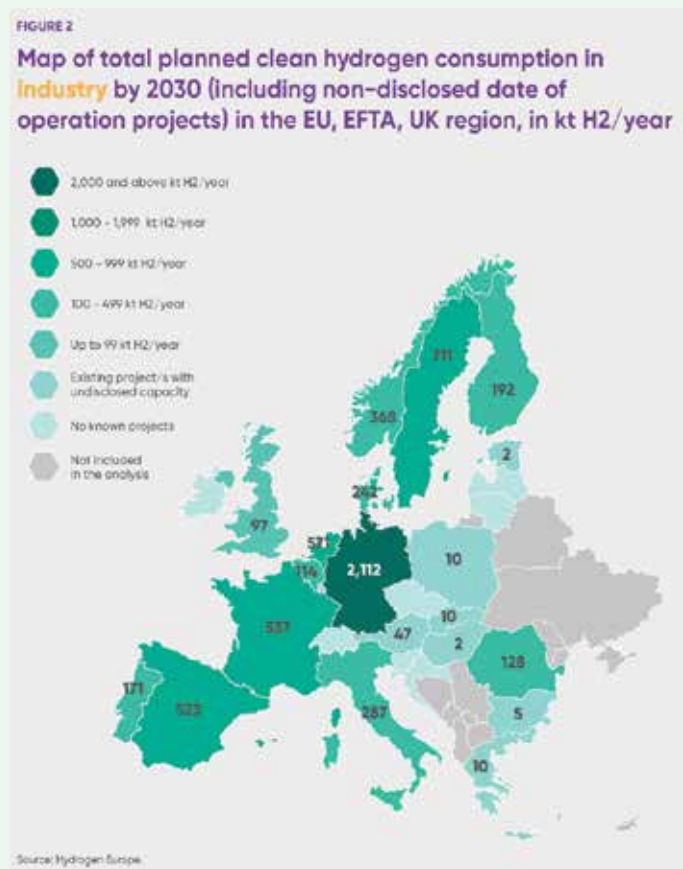


Figura 1 – Mapa da demanda de hidrogênio pela indústria nos países da União Européia, EFTA e Reino Unido em 2030 em kt H₂/ano. Fonte: Hydrogen Europe – Estudo "Clean Hydrogen Monitor 2022".



Através dos processos chamados de "Power to X", o hidrogênio verde pode ser usado também para a produção de combustíveis sintéticos, os chamados E-Combustíveis. O hidrogênio (ou gás de síntese) e o CO2 capturado passam por uma série de processos envolvidos na produção do petróleo sintético e posterior refino em combustíveis, como diesel sintético, gasolina sintética, querosene de aviação e metanol. Além disso, através do processo de síntese Haber-Bosch se produz amônia, um composto de nitrogênio e hidrogênio, usado para fazer ácido nítrico, e então misturado para produzir fertilizantes à base de nitrato. A amônia também pode ser misturada com CO2 líquido para produzir uréia. A produção tradicional de amônia utiliza gás natural ou carvão para produzir hidrogênio, bem como para gerar a energia e, portanto, é uma das indústrias que mais emitem carbono no mundo.

O número de projetos anunciados para produção de hidrogênio verde/renovável continuaram crescendo constantemente em 2022, aumentando de 118 GW no ano passado para 138 GW até 2030. Há também quase 17 GW de projetos anunciados até 2030 para produção de hidrogênio a partir da reforma de gás natural com captura de carbono (hidrogênio azul). Caso todos os projetos sejam implementados, eles somarão 14 Mt de produção anual de hidrogênio de baixo carbono. No entanto, mesmo que o número de projetos esteja crescendo, a data de operação dos mesmos está sendo adiada devido à incerteza regulatória, expectativas de financiamento e incentivos, bem como questões de licenciamento/cadeia de suprimentos.

O crescimento do setor de hidrogênio exigirá a superação de gargalos de produção de equipamentos, sendo um dos mais cruciais, a fabricação de eletrolisadores em escala, calculada em 2022 em mais de 3,3 GW/ano. Essa capacidade deve aumentar 16 vezes, atingindo 53 GW/ano em 2030. No entanto, 79% da capacidade prevista entre 2023-2030 ainda é condicional às decisões finais de investimento. Quanto ao uso final industrial, a previsão é de 6,1 Mt de consumo anual de hidrogênio de baixo carbono até 2030, com mais da metade (53%) no setor siderúrgico, 17% na produção de amônia e 13% para processos de refino.

Conforme identificado pela REPowerEU, a previsão para importações de hidrogênio para a Europa é de 10 Mt de hidrogênio anualmente até 2030. Uma seleção dos maiores projetos que

poderiam potencialmente enviar hidrogênio para a Europa equivale a 5 Mt/ano de hidrogênio verde/renovável até 2030. Também existem memorandos de entendimento assinados para potenciais importações de 2,8 Mt/ano até 2030. Esses projetos e os acordos provavelmente sofreram alterações.

O desenvolvimento da infraestrutura de transmissão, distribuição e armazenamento será fundamental para concretizar os objetivos ambiciosos definidos pelo REPowerEU, tanto para a produção quanto para os usos finais do hidrogênio verde/renovável. A principal iniciativa da indústria é o European Hydrogen Backbone para a implementação de uma futura rede de gasodutos de hidrogênio na Europa, compreendendo 28.000 km de dutos novos e de reaproveitados da rede de gás natural, bem como cinco corredores de importação até 2030: Norte da África & Sul da Europa; Sudoeste da Europa e Norte da África; Mar do Norte; Regiões Nórdicas e Bálticas; Leste e Sudeste da Europa. A Holanda é o Estado-membro mais avançado da UE no comprometimento com o desenvolvimento de sua infraestrutura de hidrogênio.

32



Figura 3 – Mapa dos gasodutos de hidrogênio que serão construídos na Europa até 2030 em cinco corredores de importação.
 Fonte: Hydrogen Europe – Estudo “Clean Hydrogen Monitor 2022”.

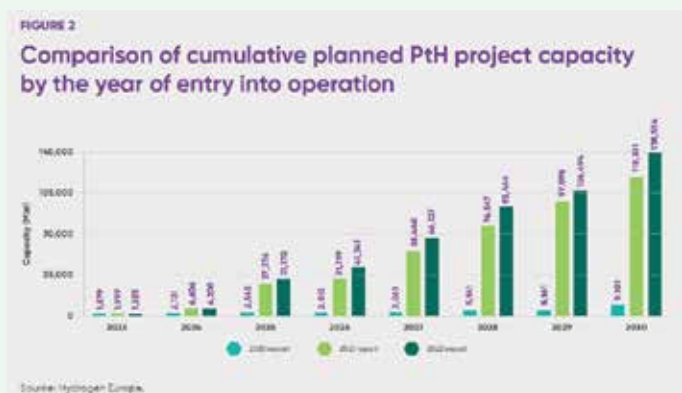
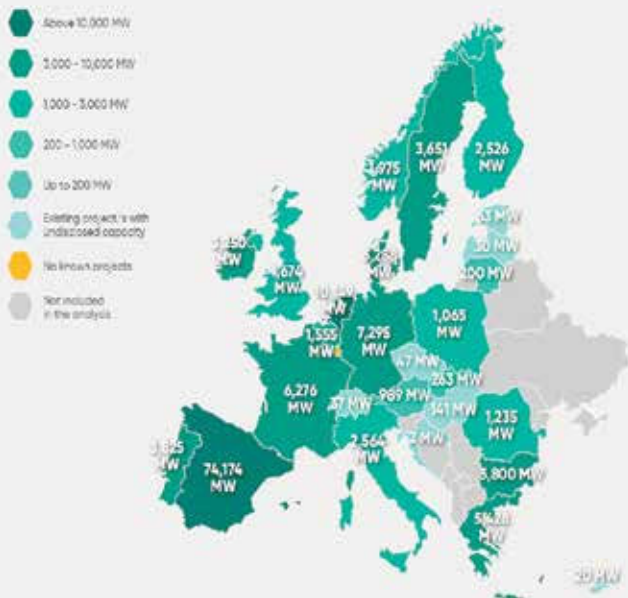


Figura 2 – Capacidade acumulada de eletrólise por ano de entrada em operação de projetos anunciados na Europa até 2030.
 Fonte: Hydrogen Europe – Estudo “Clean Hydrogen Monitor 2022”.

FIGURE 9

Map of planned PtH capacity additions by country 2022 - 2030 in MW



Source: Hydrogen Europe

Figura 4 – Mapa da eletricidade renovável a ser adicionada por país de 2022 a 2030 em MW. Fonte: Hydrogen Europe – Estudo “Clean Hydrogen Monitor 2022”.

Os planos para futuros projetos de produção de hidrogênio verde/renovável, diferem de país para país, especialmente em relação à capacidade e número de projetos. A adição mais significativa de eletricidade renovável até 2030 está planejada na Espanha, onde 74.174 MW estão divididos entre 87 projetos. Na Alemanha, 7.295 MW estão divididos entre 82 projetos.

FIGURE 11

Electricity connection of operational PtH projects (MW & # of projects)



Source: Hydrogen Europe

Figura 5 – Fonte: Hydrogen Europe – Estudo “Clean Hydrogen Monitor 2022”.

A Figura 5 fornece detalhes sobre o tipo de conexão elétrica dos 143 projetos de produção de hidrogênio verde/renovável operacionais. As conexões utilizando a eletricidade da rede predominam, fornecendo 95 MW de capacidade e 59% dos projetos. As conexões diretas a uma fonte de geração de eletricidade representam 39 MW de capacidade e 35% dos projetos. Projetos híbridos (com conexões diretas e de rede) são menos comuns, com 28 MW de capacidade distribuídos em oito projetos.

FIGURE 12

Electricity source of operational electrolyzers (MW & # of projects)



Source: Hydrogen Europe

Figura 6: Fonte: Hydrogen Europe – Estudo “Clean Hydrogen Monitor 2022”.

A Figura 6 fornece detalhes sobre o tipo de fonte de eletricidade dos projetos de produção de hidrogênio verde/renovável operacionais, independentemente de usarem ou não uma conexão direta ou de rede. A energia eólica onshore representa 17% ou 28 MW. No geral, 77% da capacidade e 75% dos projetos são alimentados por fontes renováveis de energia com conexão de rede por meio de um contrato de compra de energia ou conexão dedicada. A intensidade do carbono do hidrogênio depende da intensidade de carbono da rede elétrica, com a qual o eletrolisador está conectado. Por exemplo, uma produção de hidrogênio que utilize o mix médio de eletricidade da União Europeia UE-27 (2020), resulta em 11,5 kgCO₂/kgH₂.

Um aditivo a este relatório envolve a perspectiva sobre matérias-primas críticas, principalmente na capacidade de produção anual de platina e paládio, como dois dos materiais essenciais para a economia do hidrogênio usado em células a combustível e eletrolisadores. A capacidade anual de mineração de platina é de 227 toneladas, com a África do Sul fornecendo 75%, e a capacidade de mineração de paládio é de 305 toneladas, com a Rússia fornecendo 42%. Novas capacidades de mineração devem entrar em operação, mas a capacidade de reciclagem desempenhará um papel significativo a curto e longo prazo.

O financiamento público e o financiamento privado serão essenciais para cumprir os objetivos políticos e as ambições da indústria. A União Europeia tem à sua disposição fundos para apoiar o crescimento



da cadeia de valor do hidrogênio, incluindo pacotes para pesquisa e desenvolvimento, comercialização e a infraestrutura. Além disso, a UE anunciou o lançamento de uma instituição financeira de hidrogênio com um orçamento de 3 bilhões de euros para alavancar o mercado e bancar o prêmio verde. Centenas de bilhões serão necessários até 2030 para financiar a economia do hidrogênio e o investimento privado terá um papel decisivo e importante na viabilização da mesma. O capital investido e o número de negócios estão crescendo rapidamente, mas um envolvimento amplo de várias instituições é importante para compartilhar riscos de forma eficiente. Os investimentos são fundamentais na competição dos países pela liderança no ecossistema do hidrogênio.

O interesse da indústria pelo uso de hidrogênio verde/renovável continuou a aumentar em 2022. 35 MW de energia foi adicionada na rede elétrica para produção de hidrogênio verde/renovável, totalizando 162 MW em operação até agosto de 2022. Parcialmente devido ao grande aumento dos preços do gás natural, estima-se que os custos do hidrogênio cinza subiu em média de 2,65 EUR/kg em 2021 para 10 EUR/kg em agosto de 2022. Como resultado, o hidrogênio verde/renovável já começou a se tornar competitivo. Os custos estimados de produção de hidrogênio verde/renovável na União Européia, Reino Unido e Noruega em 2021 variaram de 3,3 EUR/kg a 6,5 EUR/kg, podendo chegar a 2,2 a 2,9 EUR/kg em locais com maior irradiação solar e condições de vento.

O mapa a seguir mostra os diferentes Custos Nivelados de Hidrogênio (LCOH) a partir de eletrólise conectada à rede elétrica nos diversos países da Europa, Reino Unido e Noruega. Já o mapa abaixo mostra os diferentes Custos Nivelados de Hidrogênio (LCOH) a partir da geração de eletricidade dedicada a partir da fonte renovável mais competitiva nesses países. Comparando os dois mapas, percebe-se que o hidrogênio é mais competitivo, cerca de 30% mais barato, quando se utiliza eletricidade da fonte renovável mais barata de cada país em 2021, ao invés da energia da rede.

A produção de hidrogênio via eletrólise com conexão direta a uma fonte de energia renovável evita custos de eletricidade como taxas de transmissão e impostos. Por outro lado, o fator de capacidade do eletrolisador é limitado pelo fator de capacidade da fonte renovável à qual está conectado. Especialmente no caso de energia solar fotovoltaica (PV) na Europa Central e do Norte, onde o fator de capacidade é muito baixo (apenas cerca de 1.000 horas equivalentes a carga total por ano). Mesmo com fatores de capacidade potencialmente mais baixos, comparado com eletrólise conectada à rede, os custos de eletricidade renovável para produção de hidrogênio, não estão muito longe de ser competitivos na maioria dos países da União Europeia. Considerando a irradiação solar média e as condições de vento nos Estados-Membros da UE, Noruega e Reino Unido, estima-se custos de produção de hidrogênio renovável variam de EUR 3,3 /kg (da energia eólica offshore na Irlanda) para EUR 6,5 /kg (da energia solar PV em Luxemburgo). Nos países do sul da Europa, a fonte mais barata para produção de hidrogênio renovável é a solar fotovoltaica, enquanto para os países do norte da Europa, a mais opção acessível é a energia eólica offshore. Com base nessa análise, os custos de produção de

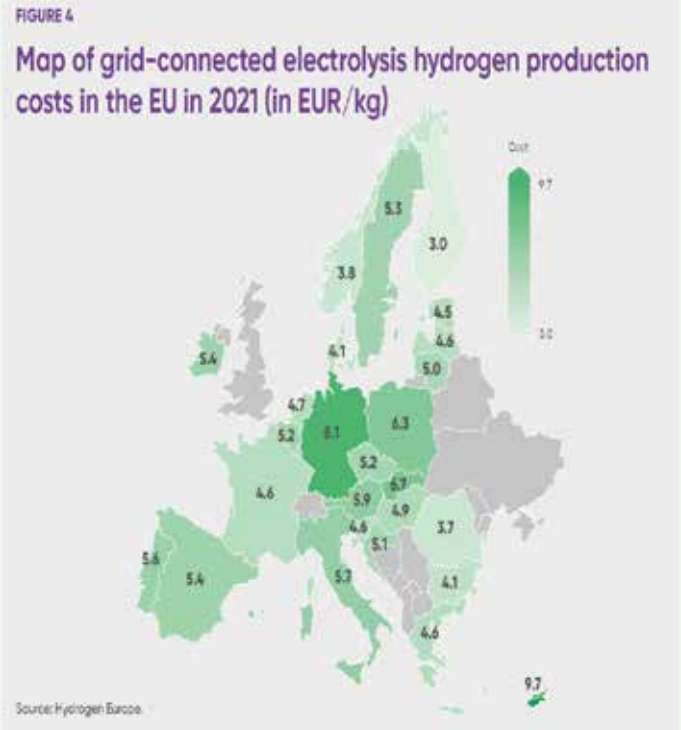


Figura 7: Fonte: Hydrogen Europe – Estudo “Clean Hydrogen Monitor 2022”.

hidrogênio renovável na União Europeia podem custar EUR 2,9 /kg (solar fotovoltaica no Sul da Europa), bem como EUR 2,2 /kg em países com boas condições de vento (principalmente no norte da Europa).

O Porto de Roterdã, em parceria com a indústria, os órgãos públicos e autoridades estatais, prevêem que serão capazes de abastecer a Europa com pelo menos 4,6 milhões de toneladas de hidrogênio por ano até 2030, sendo que quatro milhões serão importados. Uma grande parte do hidrogênio será transportada por navios na forma de amônia, metanol, LOHC ou hidrogênio líquido para processamento ou transporte em outros países. Nos últimos dois anos o porto de Roterdã assinou Memorandos de Entendimentos com diversos países como: Canadá, Noruega, Escócia, Islândia, Portugal, Espanha, Marrocos, Maurítânia, África do Sul, Namíbia, Arábia Saudita, Abu Dhabi, Omã, Austrália, Chile, Colômbia, Brasil, Argentina e Uruguai.

Os países da América Latina e Caribe podem dividir a demanda da Europa e Reino Unido com a produção doméstica europeia e com outras regiões, como Norte da África, Austrália Ucrânia e Oriente Médio. O Brasil, tem grandes vantagens competitivas devido ao tamanho continental, inúmeras fontes para produção de hidrogênio verde (solar, eólica onshore e offshore, hidroelétrica e biomassa), matriz elétrica renovável (92% em 2022), setor elétrico consolidado, mercado livre a custos competitivos e grande infraestrutura de transmissão. A Bloomberg NEF estima que o Brasil pode produzir o hidrogênio verde/renovável mais competitivo do mundo, entre US\$ 2,0 e 3,8/Kg em 2022 US\$ 0,55/Kg em 2050, a partir de energia eólica. A região Nordeste concentra 85,8% da geração de eólica e 67,2% da energia solar fotovoltaica do Brasil e os fatores de capacidade eólico e solar é

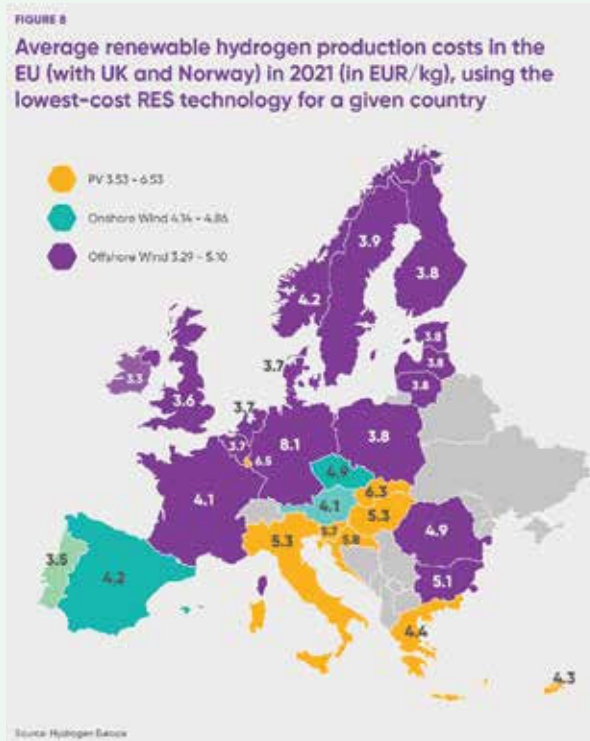


Figura 8 – Fonte: Hydrogen Europe – Estudo “Clean Hydrogen Monitor 2022”.

superior a muitas regiões no mundo.

O Ceará, deseja ser um player global na produção, uso e exportação de hidrogênio verde e seus derivados, referência na cadeia de valor e recursos humanos, contribuindo para uma transição energética sustentável e justa. O Estado conta com um imenso potencial de energia eólica e solar, complementariedade diária solar eólica em várias regiões, proximidade com a Europa (4.016 milhas náuticas até o Porto de Roterdã), Complexo Portuário e Industrial do Pecém, zona de processamento de exportação, parceria com o Porto de Roterdã (acionista em 30%), grande apoio ao setor do hidrogênio verde por parte das instituições públicas e privadas e um grupo de trabalho composto pelo Governo do Estado, pela Federação das Indústrias (FIEC), pela Universidade Federal (UFC) e pelo Complexo do Pecém (CIPP). O Ceará anunciou em fevereiro de 2021 o primeiro Hub de hidrogênio verde do Brasil e desde então recebeu mais de US\$ 20 bilhões de investimentos anunciados.

De acordo com o estudo da IRENA “WORLD ENERGY TRANSITIONS OUTLOOK 2022 - 1.5°C Pathway” (março 2022), a aceleração da transição energética é essencial e uma ampla mudança na geração e uso de energia, tornaria os países menos dependentes de importações de combustíveis fósseis. Esse caminho também geraria empregos, reduziria a pobreza e promoveria uma economia global inclusiva e segura para o clima.

Fontes:

<https://www.irena.org/publications/2022/Jan/Geopolitics-of-the-Energy-Transformation-Hydrogen>

<https://hydrogeneurope.eu/clean-hydrogen-monitor2022/>

<https://www.irena.org/publications/2022/mar/world-energy-transitions-outlook-2022>

*Mônica Saraiva Panik é diretora de Relações Internacionais da Associação Brasileira de Hidrogênio, consultora internacional da Federação das Indústrias do Estado do Ceará (Fiec), especialista em tecnologias de hidrogênio e células de combustível, introdução de novas tecnologias em mercados em crescimento, gerenciamento de projetos e desenvolvimento de negócios, atividades de marketing, desenvolvimento de rede global, desenvolvimento de mercado e lançamento de produtos.

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

*Por Fillipe Matos de Vasconcelos, Carlos Frederico Meschini Almeida, Luiz Henrique Leite Rosa, Stefano Régis Gualtieri, Luiz André Danesin, Sergio Médici de Eston, Nelson Kagan, Eduardo Costa Sá, João José Barrico de Souza**



Aperfeiçoamento em saúde, segurança e procedimentos de trabalho em distribuidoras de energia elétrica utilizando sistemas vestíveis

Parte 2

Estudo de Caso: empresa de distribuição de energia elétrica real

As funcionalidades propostas para trabalhadores inteligentes conectados foram construídas para atender aos requisitos de uma concessionária de distribuição de energia elétrica brasileira. Esses requisitos surgiram como alternativa para reduzir riscos e mitigar perigos incentivados por um relatório contratado de sistemas de segurança de classe mundial que sugeria ações para fortalecer as práticas e a cultura de segurança de colaboradores próprios e externos. A Tabela I apresenta um resumo das causas dos acidentes de trabalho de janeiro de 2017 a junho de 2018 e possíveis soluções para uma maior prevenção.

Neste cenário, surgiram oportunidades de aplicação de soluções IIOT no contexto de trabalhadores inteligentes conectados, e uma instrução de trabalho contendo 20 tarefas básicas para trabalhos em redes aéreas de distribuição foi considerada para o estudo de caso. As tarefas básicas são apresentadas na Tabela II.

Em última análise, a partir da Tabela II, todas as etapas do procedimento PPTB8 foram solicitadas para serem monitoradas porque ele foi visto como um bom ponto de partida para uma avaliação entre risco e retorno. As etapas monitoradas no PPTB8 são:

- (1) Solicitação de ordem de serviço em nuvem;
- (2) Execução de serviço via aplicativo para smartphones;
- (3) Monitoramento de parâmetros fisiológicos;
- (4) Monitoramento de indicadores de pânico;
- (5) Monitoramento da atividade cardíaca;
- (6) Encerramento do serviço via aplicativo

TABELA I - ACIDENTES DE TRABALHO EM CONCESSIONÁRIA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA PARA DUAS ÁREAS DE CONCESSÃO DIFERENTES, DE JANEIRO DE 2017 A JUNHO DE 2018

Acidentes	Causas	Como evitar?
Funcionários próprios e funcionários externos.	Ato inseguro (ex.: rampa de acesso lateral, uso indevido de ferramenta, falta de experiência com o uso de equipamentos, não ancorou a rede multiplex secundária para desmontar a estrutura).	Smart Glass ou Body Cam e uso de Smartphone (uso de GPS, lista de verificação de procedimentos etc.) para identificação de riscos e revisão de procedimentos.
Descrição: Típica e Rota.	Fadiga muscular; Falta de atenção ao atravessar a rua; Falha em perceber o risco.	Sensores fisiológicos para identificação do estado de saúde (ex.: glicemia, sonolência/cansaço, embriaguez etc.)
Casos de dias de trabalho perdidos: 39%.	Agressão de terceiros.	Sensor de ruído para identificar agressões verbais.
Lesões registráveis: 61%.	Descumprimento de procedimento (ex.: não realizou teste de ausência de tensão).	Sensor de campo elétrico para identificação de potencial próximo.

TABELA II - INSTRUÇÃO DE TRABALHO COM 20 TAREFAS BÁSICAS PARA REDES DE DISTRIBUIÇÃO AÉREA

Código	Descrição
PPTB1	Posicionamento e remoção do local de trabalho
PPTB2	Sinalização e isolamento da área de trabalho
PPTB3	Pós-verificação
PPTB4	Posicionamento, amarração e remoção da escada
PPTB5	Operação cesta aérea
PPTB6	Uso do cinto de paraquedista
PPTB7	Instalar e remover linha de vida
PPTB8	Instalação do conjunto elevador
PPTB9	Montagem e desmontagem da haste de manobra
PPTB10	Ausência de tensão de teste - rede LV/MV
PPTB11	Operação da escada giratória
PPTB12	Instale e remova o aterramento do veículo
PPTB13	Instale e remova o aterramento temporário da rede MV
PPTB14	Instale e remova o aterramento temporário na rede BT
PPTB15	Instale e remova as tampas de isolamento - rede BT
PPTB16	Inspeção diária do veículo
PPTB17	Análise preliminar de risco
PPTB18	Operação do guindaste
PPTB19	Comunicação com o centro de operação integrado
PPTB20	Resgate em altura

para smartphones;

(7) Reconhecimento de ocorrências;

(8) Risco de choque elétrico fora do procedimento;

(9) Uso de equipamentos de EPI;

(10) Condições climáticas para trabalho;

(11) Travamento de escadas;

(12) Atividade em altura;

(13) Uso de detector de ausência de tensão;

(14) Risco de choque elétrico após teste de ausência de tensão;

(15) Risco de choque elétrico após o aterramento;

(16) Encerramento do serviço via aplicativo para smartphones;

(17) Reconhecimento automático de ocorrências;

(18) Fechamento da ordem de serviço na nuvem.

O sistema de gerenciamento de ações/condições inseguras proposto com base em sensores vestíveis

O projeto também visa desenvolver um aplicativo que funcione em nuvem, que centralize todos os procedimentos de segurança do trabalho, disponibilizando essas informações de forma rápida e fácil para os eletricitistas, por meio de smartphones. Está associado a um conjunto de sensores, compostos por elementos vestíveis, que monitoram, em tempo real, as condições fisiológicas e operacionais do eletricitista, funcionando como uma “caixa preta” de atividades.

Os requisitos do sistema são incorporar medições de campo feitas por sensores vestíveis, como: irradiação UV, temperatura corporal e ambiente, eletrocardiograma (ECG), pressão arterial, altura acima do nível do solo, geolocalização, etc., para que os dados coletados sirvam como aplicativos para gerenciamento de ordens de serviço, lista de verificação de atividades, gerenciamento de EPI e EPC via identificação por radiofrequência (RFID), gravação de imagem e vídeo, mensagens de alarme/alerta, etc. Isso requer um gateway para coleta, processamento e

comunicação, que pode ser realizado por um aplicativo móvel comunicando-se com uma rede corporativa no ambiente de nuvem da internet. Nesse cenário, é possível obter benefícios de revisões de gerenciamento de saúde mais refinadas, com gerenciamento automatizado de EPI e EPC de armazém e gerenciamento de ordens de serviço em tempo real. Por fim, tudo isso pode ser realizado e integrado aos sistemas tradicionais de gerenciamento de riscos.

O sistema proposto pode ser definido como hardware agnóstico, ou seja, outros sensores primários ou sistemas podem ser integrados, independentemente de seu fabricante. Para isso, foram escolhidos dados relevantes para serem monitorados considerando diversos aspectos, como riscos, perigos, dados históricos de incidentes e acidentes, custos de aquisição/fabricação de hardware etc. Foram escolhidos os seguintes sensores inteligentes: sensor inercial com 9 graus de liberdade (Degrees of Freedom - DoF), que combina acelerômetro, magnetômetro e giroscópio; umidade relativa; pressão atmosférica; temperatura ambiente; presença de campo elétrico; ECG; fotopletismografia (PPG); temperatura corporal; pressão arterial (BPT); e todos os sensores internos de um smartphone atualizado, que somam ao GPS; Bluetooth (BLE); e outros. A Figura 2(a) mostra o detector campo elétrico inteligente proposto como dispositivo vestível com o objetivo de identificar riscos de choque elétrico. Além disso, mede-se umidade relativa, temperatura ambiente, pressão atmosférica e inércia. Muitas vezes é instalado na cabeça ou no braço (ou seja, embutido no capacete ou na luva) do eletricitista, emite alerta sonoro na presença de potencial elétrico e se comunica com um aplicativo móvel por BLE 5.0. A Figura 1(b) mostra o Smart Node proposto como um sensor vestível com o objetivo de identificar proximidade. Além disso, mede umidade relativa, temperatura ambiente, pressão atmosférica e inércia. Muitas vezes,

é incorporado em equipamentos como luvas, botas e ferramentas e se comunica com um aplicativo móvel por BLE 5.0. A Figura 1(c) mostra pulseira inteligente proposta como um dispositivo usado para medir parâmetros fisiológicos e contextos de atividade física. É necessariamente



Figura 1 - Dispositivos vestíveis propostos.

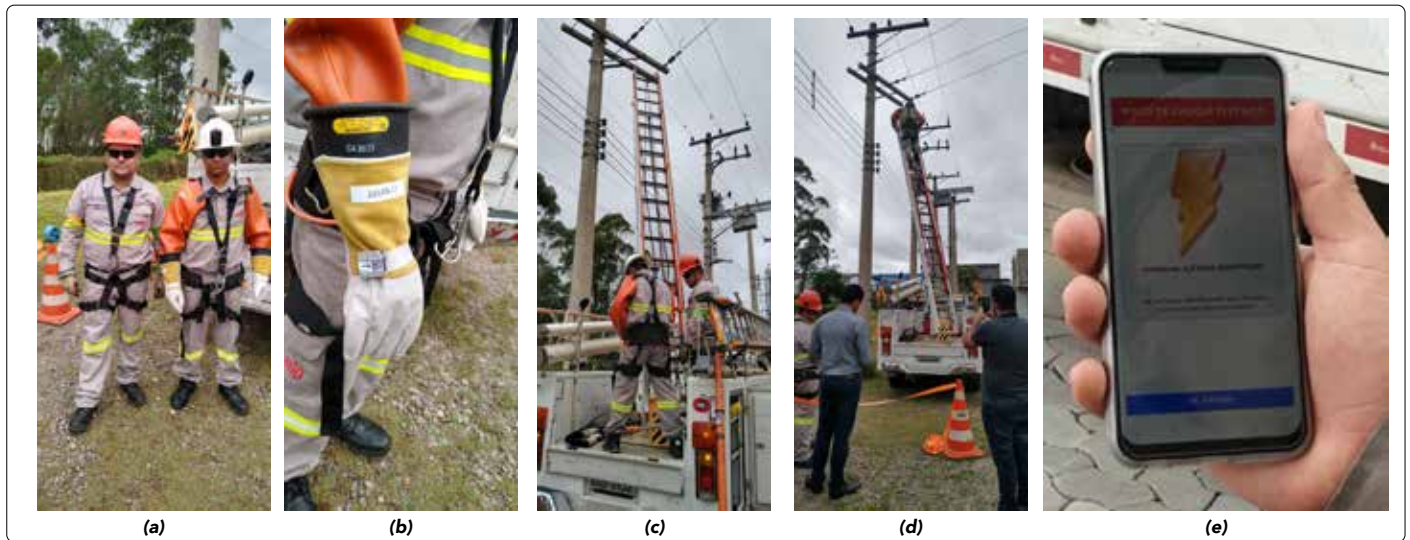


Figura 2 - Testes de validação de contexto: (a) teste de eletricitistas; (b) luva com o Smart Node proposto; (c) preparação para trabalho em altura; (d) testes de trabalho em altura; (e) mensagem de alerta de risco de choque elétrico.

instalado no pulso do eletricitista e se comunica com um aplicativo móvel por BLE 5.0. A Figura 1(d) mostra a câmera corporal inteligente proposta como um sensor vestível para permitir suporte remoto em tempo real e armazenar esses dados para o serviço de auditoria inteligente automatizado. Muitas vezes é instalado no capacete do eletricitista para registrar atividades de campo e se comunicar com um aplicativo móvel por BLE 5.0, mas os dados são armazenados adequadamente apenas ao conectá-lo a uma estação de acoplamento.

Testes, resultados e oportunidades

O cronograma de testes de validação dos contextos implementados ocorreu em quatro rodadas. Para avaliação de funcionalidades e correção de erros, a primeira e segunda rodadas de testes de campo foram realizadas na Universidade de São Paulo (USP), nas dependências do laboratório de pesquisa ENERQ/USP, em ambiente controlado. A terceira e quarta rodadas de testes de campo foram realizadas nas dependências da empresa, sendo a terceira na cidade de Mogi das Cruzes, São Paulo, e a quarta na cidade de Vitória, no Espírito Santo. Dois eletricitistas foram disponibilizados pela empresa para realizar os testes e fornecer feedbacks.

Engenheiros e técnicos de operação e segurança também acompanharam a execução e validaram a proposta desta pesquisa. A Figura 2 mostra alguns destaques dos testes de validação de contexto, exibindo (a) a equipe de teste, (b) a luva com o Smart Node proposto, (c) os eletricitistas preparando o ARP para a execução das atividades, (d) o trabalho em altura, e (e) mensagem de alerta de risco de choque elétrico após teste de ausência de tensão.

Os itens avaliados na validação e homologação do contexto de saúde e segurança foram apresentados anteriormente. Em resumo, as aplicações geradas foram: monitoramento e gerenciamento de indicadores de saúde do eletricitista; monitoramento e gestão de indicadores de segurança do trabalho; acompanhamento e gestão da execução dos procedimentos; atribuição e gerenciamento inteligente de ordens de serviço; auditoria automatizada inteligente de incidentes e acidentes; equipamentos automatizados, EPI e gerenciamento de ferramentas.

Como resultado dos quatro testes de campo, os contextos listados atenderam com sucesso a todas as características propostas. O sistema proposto monitorou de forma automática e interativa as atividades e procedimentos executados

pelas equipes de campo, estabelecendo parâmetros de gestão e monitoramento que criaram uma maior cultura de segurança do trabalho ao mesmo tempo em que acompanham e suportam o cumprimento dos procedimentos padrão em tempo real. Do ponto de vista operacional e de segurança, foi realizado: padronização e revisão de todos os procedimentos de segurança do trabalho; criação de um repositório único, gerenciável para seu acesso; criação de um mecanismo central de gestão do APR; criação de contexto para cada atividade de campo; controle automático da eficiência da equipe por tempo por processo; gestão centralizada dos EPI, sua validade e adequação à atividade; controle automático do cumprimento dos procedimentos de segurança; geolocalização; registrar as ações do eletricitista para acompanhamento, treinamento e proteção legal. Do ponto de vista da saúde ocupacional, foi realizado: gerenciamento centralizado dos dados fisiológicos dos eletricitistas; acompanhamento dos principais sinais vitais do eletricitista; classificação de quedas e acidentes; grau de exposição aos raios ultravioleta; temperatura ambiente; tontura; pedômetro e calorias; detecção de gestos, movimentos e transporte; medição do nível de estresse; e medição da tendência da pressão arterial. Ao final, pode-se concluir

que inovação e maior amadurecimento na gestão de saúde e segurança do trabalho podem ser vistas como uma prova de conceito, como se ainda houvesse espaço para melhorias. Tais melhorias, no entanto, não prejudicam a aplicabilidade proposta e os benefícios potenciais correspondentes.

Em termos de benefícios, esta proposta pode oferecer o seguinte. (a) Científico: banco de dados analítico para acompanhar o eletricitista em suas atividades de campo; qualificação mais efetiva do pessoal quanto ao cumprimento dos procedimentos de segurança e saúde ocupacional por meio de monitoramento e suporte ativos. (b) Tecnológico: uso de tecnologias inovadoras de sensores vestíveis para lidar com perigos e riscos específicos no local de trabalho; uso de dispositivos de comunicação para fornecer avaliação em tempo real local e remotamente; desenvolvimento de aplicações informáticas, com definição de contextos para cada grupo de atividades. (c) Econômico: redução do índice de acidentes e quase-acidentes, periculosidades e paralisações, por meio da sistematização de todas as atividades; redução do retrabalho nas atividades de campo; redução do risco de passivos trabalhistas e processos judiciais por meio da constante conscientização na execução de procedimentos; aumento da produtividade

e gestão dos índices de desempenho individual. (d) Social: preocupação com o bem-estar dos trabalhadores e suas famílias; redução dos impactos sociais na perda de vidas humanas; melhoria da imagem da empresa, através da divulgação deste trabalho; repercussão positiva entre colaboradores e investidores. Alguns outros benefícios do sistema proposto podem incluir a redução da experiência necessária por meio do uso do smartphone para acessar procedimentos de lista de verificação, tutoriais e suporte remoto; redução de trabalhadores fatigados por meio do monitoramento da condição fisiológica e emissão de alertas de não conformidades; melhoria na resposta de emergência devido à avaliação automática de perigos; comunicação persistente entre os membros da equipe e com centros de operação de distribuição (DOC); redução nos custos de despacho e gerenciamento de serviços de campo através do uso do GPS com uma distribuição espacial mais eficiente das equipes de manutenção de campo; mais informações e automação para auditoria através do uso de câmeras corporais e fusão de sensores. Entre outros, o aumento do nível de conscientização pode auxiliar drasticamente nas chamadas melhorias contínuas amplamente conhecidas em sistemas de gerenciamento

de procedimentos de saúde, segurança e trabalho, como OHSAS 18001 e ISO45001.

Como trabalho futuro, este projeto de pesquisa cria oportunidades para uma ampla variedade de aplicações que podem atrapalhar a maneira como as empresas lidam com riscos e perigos. A Figura 6 mostra as interações entre pessoas, procedimentos e supervisão onde as novas tecnologias podem fortalecer a cultura de segurança, aproveitando a realidade aumentada, gamificação, inteligência computacional, gerenciamento de despacho e serviço de campo etc.

Conclusões

Este artigo ilustra a construção de um sistema que permite o gerenciamento online do ciclo de trabalho das atividades do eletricitista de campo e o monitoramento de indicadores de segurança e saúde do trabalho por meio de sensores vestíveis, possibilitando a identificação automática de incidentes. Entre as principais características estão a segurança no trabalho, com a geração de indicadores relevantes para a gestão das operações de campo; medicina do trabalho, registrando dados fisiológicos de eletricitistas quando em atividade de campo, para serem integrados no prontuário, e; procedimentos de trabalho, com gerenciamento de



Figura 3 - Os recursos potenciais do trabalhador conectado inteligente.

atividades garantindo execução correta e eficiente.

O trabalhador conectado inteligente proposto é uma plataforma agnóstica de hardware que também pode ser aplicada a uma ampla gama de nichos da indústria, por exemplo, mineração, petróleo e gás, construção civil, transporte, telecomunicações etc. Visa alcançar maior eficiência operacional, segurança no local de trabalho, reduzindo os custos associados a incidentes de saúde e segurança.

Com a aplicação dessa tecnologia na construção desse sistema, pode-se afirmar que as concessionárias de distribuição de energia passarão a integrar um conjunto de informações até então desconhecidas das áreas multidisciplinares, que não haviam sido mensuradas antes sobre o trabalho dos eletricitistas, contribuindo para a abertura de um novo nicho a ser explorado e, conseqüentemente, promovendo uma grande transformação no setor.

Reconhecimentos

Os autores agradecem à EDP São Paulo & EDP Espírito Santo, Brasil, por fornecer as informações e apoio técnico e financeiro para a realização deste trabalho.


Referências Bibliográficas

- [1] L. B. Gordon, L. Cartelli, and N. Graham, "A complete electrical shock hazard classification system and its application," *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 54, pp. 6554–6565, Nov. 2018.
- [2] P. E. Batra and M. G. Ioannides, "Electric accidents in the production, transmission, and distribution of electric energy: A review of the literature," *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, vol. 7, no. 3, pp. 285–307, 2001.
- [3] N. Ichikawa, "Three hundred forty-nine case studies and their consideration of electrical accidents in japan," in *2016 IEEE IAS Electrical Safety Workshop (ESW)*, pp. 1–8, Março 2016.
- [4] N. Ichikawa, "Electrical fatality rates in japan, 2002-2011: New preventive measures for fatal electrical accidents," *IEEE Industry Applications Magazine*, vol. 22, pp. 21–26, Maio 2016.
- [5] M. Mitolo, "Is it possible to calculate safety?," *IEEE Industry Applications Magazine*, vol. 15, pp. 31–35, Maio 2009.
- [6] M. Stackhouse and N. Turner, "How do organizational practices relate to perceived system safety effectiveness? perceptions of safety climate and co-worker commitment to safety as workplace safety signals," *Journal of Safety Research*, vol. 70, pp. 59–69, 2019.
- [7] A. H. L. Floyd, "Multitasking and the illusion of safety: The potential impact in certain electrical hazard scenarios," *IEEE Industry Applications Magazine*, vol. 18, pp. 18–22, Maio 2012.
- [8] International Labour Organization (ILO), "Global Trends on Occupational Accidents and Diseases." [Online]. Disponível em: https://www.ilo.org/legacy/english/osh/en/story/content/externalfiles/fs_st-1-ILO-5-en.pdf [Acessado em: Jul. 15, 2019].
- [9] Labor Prosecution Service (MPT), "Digital Observatory of Health and Safety at Work (MPT-OIT)." Disponível em: <https://observatoriosst.mpt.mp.br/> [Acessado em: Jan. 29, 2019].
- [10] M. G. Gnoni and G. Lettera, "Near-miss management systems: A methodological comparison," *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, vol. 25, no. 3, pp. 609–616, 2012.
- [11] I. c. Jeong, D. Bychkov, and P. C. Searson, "Wearable devices for precision medicine and health state monitoring," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 66, pp. 1242–1258, Maio 2019.
- [12] S. C. Mukhopadhyay, "Wearable sensors for human activity monitoring: A review," *IEEE Sensors Journal*, vol. 15, pp. 1321–1330, Março 2015.
- [13] S. Patel, H. Park, P. Bonato, L. Chan, and M. Rodgers, "A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation," *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, vol. 9, p. 21, Abr. 2012.
- [14] U. Varshney, "Mobile health: Four emerging themes of research," *Decision Support Systems*, vol. 66, pp. 20–35, 2014.
- [15] J. Parkka, M. Ermes, P. Korpipaa, J. Mantyjarvi, J. Peltola, and I. Korhonen, "Activity classification using realistic data from wearable sensors," *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, vol. 10, pp. 119–128, Jan. 2006.
- [16] C. Perera, C. H. Liu, S. Jayawardena, and M. Chen, "A survey on internet of things from industrial market perspective," *IEEE Access*, vol. 2, pp. 1660–1679, 2014.
- [17] F. Hussain, F. Hussain, M. Ehatisham-ul-Haq, and M. A. Azam, "Activity-aware fall detection and recognition based on wearable sensors," *IEEE Sensors Journal*, vol. 19, pp. 4528–4536, Junho 2019.
- [18] C. Chen, R. Jafari, and N. Kehtarnavaz, "A real-time human action recognition system using depth and inertial sensor fusion," *IEEE Sensors Journal*, vol. 16, pp. 773–781, Fev. 2016.
- [19] F. Sanfilippo and K. Y. Pettersen, "A sensor fusion wearable health monitoring system with haptic feedback," in *2015 11th International Conference on Innovations in Information Technology (IIT)*, pp. 262–266, Nov. 2015.
- [20] A. Murad and J.-Y. Pyun, "Deep recurrent neural networks for human activity recognition," *PubMed*, vol. 17, no. 11, p. 2556, 2017.
- [21] M. Thibaud, H. Chi, W. Zhou, and S. Piramuthu, "Internet of things (iot) in high-risk environment, health and safety (ehs) industries: A comprehensive review," *Decision Support Systems*, vol. 108, pp. 79–95, 2018.
- [22] F. Bird and G. Germain, *Loss Control Management: Practical Loss Control Leadership*. Revised Edition. USA: Det Norske Veritas, 1999.
- [23] T. W. van der Schaaf, "Near miss reporting in the chemical process industry: An overview," *Microelectronics Reliability*, vol. 35, no. 9, pp. 1233–1243, 1995. *Reliability: A Competitive Edge*.
- [24] DuPont Sustainable Solutions, "DuPontTM Bradley CurveTM Infographic." [Online]. Disponível em: <http://www.dupont.com/products-and-services/consulting-services-process-technologies/articles/bradley-curve-infographic.html> [Acessado em: Jun. 04, 2019].
- [25] H. Iqbal, B. Waheed, H. Haider, S. Tesfamariam, and R. Sadiq, "Mapping safety culture attributes with integrity management program to achieve assessment goals: A framework for oil and gas pipelines industry," *Journal of Safety Research*, vol. 68, pp. 59–69, 2019.
- [26] J. Winkley, P. Jiang, and W. Jiang, "Verity: an ambient assisted living platform," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 58, pp. 364–373, Maio 2012.
- [27] S. Zeng, J. R. Powers, and B. H. Newbraugh, "Effectiveness of a worker worn electric-field sensor to detect power-line proximity and electrical contact," *Journal of Safety Research*, vol. 41, no. 3, pp. 229–239, 2010. *Special Topic: Construction Safety*.

*Fillipe Matos de Vasconcelos, Carlos Frederico Meschini Almeida e Luiz Henrique Leite Rosa são professores na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP). Stefano Régis Gualtieri e Luiz André Danesin são, respectivamente, diretor e gerente de negócios na SGRIDD Tecnologia.

Sergio Médici de Eston e Nelson Kagan são professores titulares na USP, nas áreas de Engenharia Mineral e Engenharia Elétrica, respectivamente.

Eduardo Costa Sá é professor adjunto da Universidade Federal de São Paulo – Escola Paulista de Medicina e João José Barrico de Souza é especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho e professor da Universidade de Franca e da Escola Politécnica da USP.



Debate sobre Marco Legal da GD segue longe do fim, mesmo após regulamentação

Aprovação de questões consideradas polêmicas, como o aumento progressivo da cobrança do fio B, gera impasse entre Aneel, distribuidoras e representantes do setor de geração própria

Publicado em janeiro de 2022, o Marco Legal da Geração Distribuída (Lei 14.300/22) entrou oficialmente em vigor na primeira semana deste ano, após um longo – e nada tranquilo – trajeto percorrido entre as discussões iniciais sobre o assunto até o estabelecimento das novas regras. Não foram poucas as dúvidas, críticas e opiniões divididas em torno do cenário que se aproximava para os adeptos da geração própria de energia.

Um mês após a legislação enfim se tornar realidade, o tema voltou a ser amplamente discutido devido à aprovação da regulamentação da lei pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), realizada durante reunião pública entre os diretores da entidade em 7 de fevereiro. As diretrizes, aprovadas por unanimidade pela agência, abrangem a garantia de direitos e deveres dos consumidores e das empresas distribuidoras. O texto ainda visa estabelecer regras claras para a conexão dos sistemas à rede elétrica, além de abordar a previsão de mecanismos de compensação de energia gerada em excesso, a definição de critérios para a cobrança pelo uso da rede de distribuição, entre outros tópicos.

De acordo com o diretor-relator do processo, Hélio Guerra, as discussões, classificadas por ele como construtivas, contribuíram para o enriquecimento do processo. “O setor elétrico está de parabéns. A divergência é a beleza do colegiado, pois é nela que conseguimos construir melhor. Minha busca foi desde o início pelo equilíbrio, e tentei reproduzir no voto essa condição”, destacou, durante deliberação sobre a medida.

A importância da regulamentação também foi exaltada pelo diretor-geral da Aneel, Sandoval Feitosa. “Foi um processo amplamente discutido, nós ouvimos todas as áreas técnicas, inclusive a Procuradoria Federal mais de uma vez para construirmos

a melhor decisão. É um momento muito marcante para o setor elétrico e, se não concordamos 100%, posso afirmar que saímos maiores do que quando entramos nessa discussão. Parabênizos todas as áreas técnicas da Aneel, pois o processo foi bastante complexo. Nunca haverá unanimidade, mas tenho certeza que exercemos o nosso papel com louvor”, afirmou.

De fato, a nova legislação está longe de ser consenso. Entre as questões de maior divergência destaca-se o aumento progressivo da cobrança do fio B, que faz parte da Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) e envolve todos os custos relacionados à utilização do sistema de distribuição.

Avanços e entraves

Navisão da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (Absolar), a regulamentação da lei traz avanços importantes, mas ainda há pontos legais a serem ajustados. A entidade destaca que o colegiado da Aneel endereçou adequadamente o ponto mais crítico dos três apresentados pela associação: a cobrança de taxas em duplicidade sobre os pequenos consumidores que geram a própria energia, e esclareceu que os dois pontos restantes – cobrança de demanda na baixa tensão e optante B – dependem de ajustes na redação da lei.

“Houve, portanto, avanços importantes em relação ao que tinha sido proposto pelas áreas técnicas da Aneel, sobretudo a eliminação da cobrança em duplicidade do custo de disponibilidade e da chamada TUSD Fio B, encargo pelo uso da rede, o que afastou o risco de inviabilizar a geração própria de energia solar para a sociedade brasileira”, explica Bárbara Rubim, vice-presidente de geração distribuída (GD) da Absolar.

O presidente executivo da entidade,

Rodrigo Sauer, acrescenta que, no caso dos dois pontos críticos pendentes, a Absolar está trabalhando junto ao Congresso Nacional para que estes sejam endereçados o mais rápido possível. Ainda segundo a instituição, dos comandos trazidos pelo Marco Legal, falta, agora, o cálculo dos benefícios líquidos da geração própria ao setor elétrico.

“Desde a publicação da lei, em janeiro de 2022, a Absolar trabalha para que estes benefícios sejam corretamente valorados e incluídos nas diretrizes a serem oficializadas pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). Esperamos que a preocupação muito falada pelo atual governo com a pauta ambiental e climática se traduza em diretrizes que impulsionem ainda mais a geração distribuída renovável”, aponta Sauer.

Durante os diálogos com os diretores do órgão regulador, a entidade também alertou para a importância da atuação da Aneel na fiscalização das distribuidoras em relação ao cumprimento dos prazos e nas obrigações previstas na lei e na regulamentação e em questões concorrenciais, garantindo o equilíbrio de mercado para os pequenos empreendedores solares poderem competir em iguais condições com os grandes grupos econômicos do setor.

Inconsistências

Também insatisfeita com deliberações presentes na regulação, a Associação Brasileira de Geração Distribuída (ABGD) protocolizou uma reclamação formal junto à Aneel, em parceria com a Associação Baiana de Energia Solar (ABS). No documento, a organização se posiciona contra a decisão da diretoria da agência reguladora em aprovar a Resolução Normativa 1.059/2023 – que regulamenta a Lei 14.300/2022 e altera as disposições da RN 1.000/2021.

Como justificativa, a entidade alega que há conflitos de legalidade na nova

resolução, uma vez que as resoluções da Aneel “devem estar em conformidade com outras regulamentações, como portarias, decretos e normas técnicas estabelecidas por órgãos competentes”, sendo que “as resoluções jamais poderão contrariar leis federais, pois estas têm hierarquia superior no escopo piramidal da ordem jurídica”, afirma o documento. A associação se refere ao que considera ser violações contidas na Resolução Normativa, apontando questões como “a necessária suspensão do prazo de injeção por pendência (obra) da concessionária”, a “cobrança de Custo de Disponibilidade e obtenção de garantias”, bem como o que classifica como “restrições indevidas ao consumidor B-Optante”.

Em entrevista à revista O Setor Elétrico, o presidente-executivo da ABGD, Guilherme Chrispim, destaca que, apesar do que foi estabelecido pelo Marco Legal, a geração distribuída continua sendo vantajosa para o consumidor – em especial para o que faz uso da microgeração de energia, potência que, segundo o especialista, responde por 85% do que é produzido na GD brasileira.

“Fazendo uma conta para facilitar o entendimento do leitor, temos um número referencial indicando que, anteriormente, havia o abatimento de aproximadamente 95% da fatura de energia. Agora, é claro que teremos que considerar questões como os impactos do fator de simultaneidade (o quanto se está consumindo versus o quanto está sendo gerado), além de analisar a qual distribuidora se está vinculado – em função da variação de custo da TUSD de fio B de uma região para outra. Ainda assim, baseado no número aproximado que já observamos, é possível ter uma proporcionalidade de abatimento da fatura de energia que chega a 80%”, afirma o executivo.

Chrispim também destaca que a conjunção de outros fatores ligados à geração distribuída, como o custo energético ao longo dos anos e a participação na transição energética, faz com que a GD continue valendo a pena. Contudo, é importante

analisar o panorama do segmento a curto e médio prazo. “Claro, o cenário vai mudar um pouco. Acredito que esses próximos meses serão de observação do mercado – falo do cliente final tentando entender essa conta nova. É uma conta difícil de mensurar até mesmo para nós que somos do setor, devido a todas as variáveis citadas. Ainda assim, sabemos que gerar a própria energia seguirá sendo vantajoso”, analisa.

“Mais justiça ao setor elétrico”

Para a Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (Abradee), o Marco Legal traz mais justiça ao setor elétrico. A entidade destaca que, com as novas regras, e após o período de transição até 2031, os consumidores comuns não terão mais de pagar pelos subsídios a quem instala placas solares.

A organização se refere à regra de transição estabelecida pela nova legislação, que determina que sistemas já existentes antes da publicação da lei, ou aqueles que protocolaram solicitação de acesso antes de 7 de janeiro deste ano (data em que o Marco Legal passou a valer), permanecerão sob a regra de paridade tarifária até 31 de dezembro de 2045. Essa situação é definida como “direito adquirido”.

Já projetos que se conectarem até julho deste ano terão direito à transição até 31 de dezembro de 2030, enquanto que unidades consumidoras instaladas após 18 meses da aprovação da lei garantem paridade tarifária até 31 de dezembro de 2028.

O diretor-executivo de Regulação da Abradee, Ricardo Brandão, classifica o Marco Legal da Geração Distribuída como um avanço. “A regra anterior era muito injusta, especialmente com o consumidor que não tem geração distribuída. A conta de energia não possui apenas a parte de geração. Ela tem transmissão, distribuição, encargos e tributos. Nesses aspectos, o consumidor que possui GD é exatamente igual ao seu vizinho que não tem”, avalia.

“Em dias nublados e no período da noite, esse consumidor que produz energia durante o dia passa a recebê-la pela rede de distribuição e pela geração que vem dos outros empreendimentos de grande porte. É um serviço prestado para esse usuário, que antes ele não pagava. O que acontece é que, no processo tarifário, todos esses custos são rateados e repassados para os outros usuários que não têm geração distribuída”, conclui.

Futuro da GD: adaptações e evolução

Ao que tudo indica, o trajeto rumo a um cenário que atenda aos anseios de ambas as partes envolvidas – ou que, ao menos, não seja motivo para novas ações judiciais – está longe de chegar ao fim. Até lá, resta ao mercado de geração distribuída, além de contestar o que acredita não ser justo, adaptar-se à realidade que o envolve, fato destacado por Guilherme Chrispim. “Será preciso se ajustar, é algo natural da vida”.

Para ilustrar melhor a questão, o executivo relembra a evolução de uma das tecnologias mais presentes no dia a dia da sociedade contemporânea, mas que em quase nada se assemelha às suas primeiras versões. “Podemos usar o exemplo da telefonia. No Brasil, alugava-se linhas telefônicas fixas. Era preciso, inclusive, declarar o telefone no imposto de renda, pois era algo de alto valor”.

“Já com os celulares, vivemos também a época em que as empresas lançavam aparelhos com dois chips. Fazia sentido naquele tempo, pois existia uma cobrança por deslocamento entre áreas. Atualmente, quase nem fazemos mais ligações telefônicas, mas a telecomunicação deixou de existir? Não, ela foi se adaptando, criando novos produtos e soluções. Acho que isso também vai acontecer com a GD, pois a lógica da transição energética está a nosso favor. De fato, vejo mudanças, mas não o fim do setor”, conclui o especialista.

ESG



GRUPO

SOLUÇÕES EM ENERGIA DESDE 1971

O GRUPO GIMI
PRIORIZA A
SUSTENTABILIDADE
E O CUIDADO COM
O MEIO AMBIENTE



SOLUÇÕES COMPLETAS PARA SUA INSTALAÇÃO ELÉTRICA



Empresa reconhecida com o selo
SELO VERDE
do Jornal do Meio Ambiente do
Estado de São Paulo

grupogimi.com.br

vendas@gimi.com.br

+55 (11) 4752-9900



Por Yuri Andrade*

Sobrecarga de transformadores de potência imersos em óleo mineral isolante

Introdução

O projeto de um transformador de potência, sob a ótica termodinâmica, é concebido para que sua operação suprindo cargas com potência aparente inferior ou igual à sua potência nominal não ocasione sobrecargas térmicas, a tal ponto que levem as temperaturas do ponto mais quente dos enrolamentos ou do topo do óleo a superarem os limites de temperatura correspondentes à classe térmica do equipamento. Entretanto,

no contexto operativo, frequentemente despontam necessidades de operação em sobrecarga, muitas vezes, em decorrência de limitações operativas da subestação ao qual se encontra integrado. Essas limitações podem ser, por exemplo, a falha de um outro transformador ou de uma linha de transmissão, exigindo que suas cargas tenham de ser transferidas temporariamente ao equipamento a ser sobrecarregado. Por mais que essa prática seja refutável, pode se fazer necessária por imposições operativas, cabendo,

aos profissionais de manutenção e operação, o pleno conhecimento de suas consequências.

Ademais, em circunstâncias assim, a despeito das limitações operativas ocasionalmente a serem impostas, é indispensável, como boa prática de engenharia, cercear o tempo e a magnitude das correntes de carga, em observância às claras limitações impostas pela ABNT NBR 5356-7:2017, intitulada "Transformadores de potência Parte 7: Guia de carregamento para transformadores imersos em líquido

isolante". Em assim não sendo procedido, o equipamento sobrecarregado tornar-se-á vulnerável ao surgimento de anomalias e até mesmo a falhas. Ademais, toda e qualquer sobrecarga, por mais reduzida que seja, afetará o regime térmico de operação da parte ativa, incrementando as dissipações térmicas nela verificadas. Desse modo, torna-se inevitável, dentre outros fenômenos, uma degradação mais acelerada da isolação celulósica dos enrolamentos, que, portanto, impactará na perda de vida útil do ativo, além de poder ocasionar o surgimento de pontos de defeitos, em certas circunstâncias.

Face a isso, apresentam-se, neste artigo, breves considerações sobre os principais impactos da operação de transformadores de potência em regime de sobrecarga, bem como boas práticas operativas e de manutenção, quando esse tipo de prática for inevitável. O objetivo é direcionar os leitores para estudos mais aprofundados sobre o tema, sensibilizando-os para os pontos mais críticos concernentes ao assunto, contribuindo, assim, para a supressão de práticas indevidas, que reduzem a confiabilidade dos ativos e, por conseguinte, do sistema elétrico ao qual se encontram integrados.

A sobrecarga de transformadores de potência

Um transformador de potência, ao operar suprimindo correntes de carga que sobrepujam sua potência nominal, está vulnerável a uma pluralidade de consequências técnicas. As primeiras delas são elevações de temperatura mais agressivas, tanto do ponto mais quente de seus enrolamentos, como do topo do óleo, o que impacta proeminentemente na degradação acelerada da isolação

celulósica dos enrolamentos. A própria ABNT NBR 5356-7:2017 destaca que uma redução da temperatura do ponto mais quente do enrolamento em apenas 6 °C resulta em uma perda de vida útil 50% menor da isolação celulósica dos enrolamentos. Obviamente, elevações de igual magnitude tendem a ter efeito oposto. Portanto, o primeiro impacto da sobrecarga é a degradação acelerada da isolação celulósica, proeminentemente por pirólise, e, portanto, redução da vida útil remanescente do transformador de potência. Assim, sobretudo se essas condições operativas tendem a se repetir com frequência, o atingimento do limiar de vida útil do grau de polimerização (GP) da isolação celulósica, que tem valor correspondente a 200, dar-se-á de maneira mais rápida. E, quando isso ocorrer, não há alternativa: a resistência mecânica do papel estará comprometida e o rebobinamento do transformador, por meio de processo de reforma, tornar-se-á indispensável.

Aqui, recomendamos que um GP inferior a 400 já seja objeto de atenção, de modo que se programe uma reforma ou substituição do ativo, sob pena de torná-lo mais vulnerável à falha em condições operativas que exijam uma isolação celulósica íntegra. Para monitorar o GP de maneira não invasiva, seu valor pode ser inferido a partir da análise do teor de compostos furânicos dissolvidos em óleo isolante, o que se deve fazer pelo menos todos os anos, sobretudo em equipamentos com histórico de sobrecarga.

Quando a sobrecarga é inevitável, não se pode, ainda, suprir todo e qualquer nível de corrente. A ABNT NBR 5356-7:2017 é categórica na imposição de limitações, que consideram, simultaneamente, a potência nominal do transformador, o nível máximo de corrente admissível em

função dela, em por unidade (p. u.), e as temperaturas máximas toleráveis da parte ativa, considerando a classe térmica do transformador e modelos térmicos. Face a essas variáveis, são consideradas três situações de carregamento, também reguladas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), o que também é detalhado na norma supracitada.

Tratam-se do carregamento em condição normal de operação, do carregamento em condição de emergência de longa duração e do carregamento em condição de emergência de curta duração. No primeiro caso, os limites de temperatura da classe térmica do transformador são respeitados, a despeito de se suprir uma potência aparente superior à nominal do transformador. No segundo caso, pode-se permitir que esses limites térmicos sejam ultrapassados, para que se consigam manter as cargas supridas em decorrência da perda de outros transformadores ou desligamento de algum outro elemento do sistema. Já no último caso, do carregamento em condição de emergência, considera-se um regime de operação mais agressivo. E, assim sendo, sua duração tem de ser limitada ao valor da constante térmica do transformador (calculada com base nos resultados dos ensaios de elevação de temperatura em fábrica) e não pode ser superior a 30 minutos. Portanto, cabe ciência plena de todas essas determinações, antes que se anuem sobrecargas de quaisquer magnitudes.

Uma vez que o transformador esteja submetido a regime de sobrecarga, deve-se ter ciência, ainda, das consequências outras, decorrentes das elevadas correntes de operação. Essas correntes produzirão um fluxo magnético de intensidade proporcionalmente maior, causando espriamento mais expressivo e, com isso,

ensejando a circulação de correntes parasitas mais intensas, em determinadas partes internas do transformador, além de eventual circulação desse tipo de corrente em partes não previstas para contemplá-las. Além disso, outros elementos da parte interna poderão atingir temperaturas superiores às quais foram concebidos para operarem, o que pode causar danos irreparáveis. Buchas, comutadores de derivações em carga e sem tensão e outros elementos correlatos aos enrolamentos também poderão operar em sobrecarga e sofrer suas consequências. Em transformadores mais antigos, cujas vedações já se encontram mais degradadas, poderão surgir vazamentos de óleo.

Outrossim, as sobrecargas térmicas, principalmente em decorrência dos consequentes fenômenos supracitados, poderão levar a alterações sensíveis nos perfis de gases combustíveis no óleo isolante. Assim sendo, recomenda-se, aqui, que as análises periódicas de gases dissolvidos (cromatografia) em óleo isolante sejam feitas com maior frequência que os seis meses usuais. De modo ideal, com periodicidade mensal. E devem ser refeitas logo após o equipamento ser submetido a novo regime de carregamento em condição de emergência de curta duração e semanalmente, durante carregamento em condição de emergência de longa duração que se prolongue por vários dias, e logo após seu término.

Com base nos critérios da ABNT NBR 7274:2012, intitulada "Interpretação da análise dos gases de transformadores em serviço", com o surgimento – por meio dessas análises de óleo, de qualquer diagnóstico de falha incipiente – deve-se providenciar a imediata supressão da sobrecarga e planejamento do desligamento do ativo para manutenção corretiva – sob pena de sua perda.

Ademais, o transformador a ser

sobrecarregado deve estar com resultados satisfatórios das análises físico-químicas de seu óleo isolante, considerando os critérios da ABNT NBR 10576:2017, intitulada "Óleo mineral isolante de equipamentos elétricos ▯ Diretrizes para supervisão e manutenção". Isso porque, sobretudo o óleo com um teor de água inadequado, ensejará a formação de bolhas, quando dos regimes térmicos mais agressivos decorrentes da sobrecarga do transformador. E essas, por sua vez, ensejarão a ocorrência de descargas internas, totais ou parciais.

Outra prática salutar é que se realizem, durante os períodos de sobrecarga, sobretudo quando previstos os picos de carregamento, inspeções termográficas. O ideal é que elas sejam feitas hora a hora, sobretudo no caso de carregamento em condição de emergência de longa duração e durante todo o carregamento de emergência de curta duração, para que se intervenham em anomalias térmicas críticas que surjam fortuitamente.

Um outro mecanismo de apoio estratégico são os sistemas de monitoramento online. Dois deles, aqui, são de grande importância, quando disponíveis: o monitoramento em tempo real das concentrações de gases dissolvidos no óleo e do aumento da capacitância e tangente delta das buchas condensivas. Com eles, muitas falhas incipientes ensejadas pela sobrecarga podem ser detectadas.

Conclusões

A operação de transformadores de potência em sobrecarga pode se fazer necessária em muitos contextos e, embora deva ser evitada tecnicamente, é uma condição prevista pela literatura normativa e regulatória. Assim, cabe aos profissionais responsáveis por anuí-la, conhecer os limites das variáveis por ela afetadas,

com base na ABNT NBR 5356-7:2017, evitando danos permanentes a esse tipo de equipamento.

Além disso, é indispensável que se mantenha uma rotina sistêmica de análise preditiva de óleo isolante, com frequências maiores que as usuais, com vistas à detecção de problemas físico-químicos, falhas incipientes decorrentes das sobrecargas e também para a inferência do grau de polimerização do papel, por meio do teor de compostos furânicos.

Como abordado, outras práticas complementares recomendadas são as inspeções termográficas frequentes e o uso de sistemas de monitoramento online, que provenham informações em tempo real sobre a concentração de gases no óleo isolante e sobre o aumento da capacitância e tangente delta das buchas condensivas, propiciando um controle mais acurado das condições do ativo em sobrecarga.

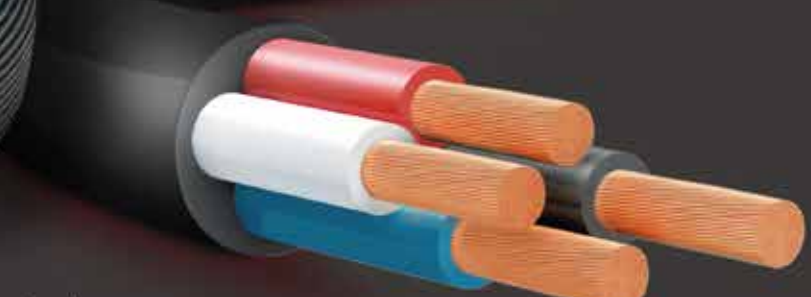
Com o conhecimento pleno dos impactos aqui citados, por meio de estudos aprofundados sobre o tema, bem como das boas práticas de engenharia aqui recomendadas, a sobrecarga de transformadores, por mais refutável que seja, quando se fizer indispensável, pode ser limitada e controlada de modo que se evitem danos permanentes ao ativo e, até mesmo, sua falha.

**Yuri Andrade é engenheiro eletricista no grupo Equatorial Energia, onde atua na área de Engenharia de Manutenção de Subestações de Alta Tensão em Goiás. Graduiu-se em Engenharia Elétrica pela Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação da Universidade Federal de Goiás (2016), onde obteve o título de mestre em Engenharia Elétrica (2019) e onde cursa, atualmente, o doutorado em Engenharia Elétrica. É também técnico em Eletrônica pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (2012).*

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.



Por Fabio Amaral, Engenheiro Eletricista, Diretor na Engerey Painéis Elétricos e autor do Guia de Elétrica BE-A-BÁ da Elétrica, que teve seu lançamento de sua primeira edição em Agosto de 2003 e em Outubro de 2015 está na VI Edição, sendo nesta data lançada a versão Móbile deste guia, para utilização em tablet's e Smartphones.

IoT: Painéis Elétricos certificados e conectados

Conheça os modelos SM6 e PrismaSet, soluções em média e baixa tensão, da Schneider Electric, fabricados pela Engerey e conhecidos como os painéis elétricos que conseguem falar



A conectividade está e estará ainda mais inserida no dia a dia das pessoas em todo o mundo. Ela vem para proporcionar praticidade, agilidade nos processos e garantir segurança quando analisamos a sua utilização em questões de gerenciamento de energia de empreendimentos através dos painéis elétricos.

Dotados de tecnologia de última geração, os também chamados quadros elétricos conectados vêm equipados com sensores ultramodernos, capazes de realizar monitoramento em tempo real de seus componentes, a fim de garantir seu bom funcionamento e prevenir falhas, seja por computadores (essa é a forma mais completa através de computadores, pois eles possuem recursos ampliados para coleta de dados), ou até mesmo por smartphones.

Na Engerey Painéis Elétricos – especialista na fabricação de quadros elétricos há mais de vinte anos no mercado –, o acompanhamento das últimas novidades do mercado mundial é frequente. E como empresa certificada EcoExpert pela francesa Schneider Electric, a empresa fabrica dois modelos de painéis certificados e conectados que trazem diversos benefícios às indústrias e a grandes estabelecimentos.

O revolucionário PrismaSeT: painel conectado e dotado de I.A. para instalações em baixa tensão

Um dos painéis elétricos certificados e conectados a que nos referimos é o PrismaSeT: um painel elétrico destinado a instalações até 4.000 A. Esse painel vem equipado com o componente chamado PowerLogic HeatTag.

Trata-se de um revolucionário sensor de prevenção de incêndios concebido para quadros elétricos, que detecta o superaquecimento do cabo antes de qualquer sinal de fumaça ou escurecimento do isolante. Isso acontece porque o HeatTag – dotado de Inteligência Artificial – analisa, antes de tudo, os gases e as partículas no quadro de distribuição, prevendo depreciações e, conseqüentemente, falhas. Em caso de anomalias, um alerta é enviado via e-mail ou SMS, permitindo o gerenciamento digital.

Nesse painel, os disjuntores também são conectados. Intitulados de ComPacT, possibilitam monitoramento remoto em tempo real. Além disso, possuem visor frontal semitransparente e auxiliares sem parafusos, que levam a uma instalação mais rápida.

Já o componente Acti9 Active do qual foi equipado ajuda a evitar acidentes elétricos e interrupções de energia. Ele monitora e alerta proativamente falhas elétricas, incluindo riscos de incêndios, choques elétricos, danos ao equipamento e surtos elétricos frequentes.

Há também entre os dispositivos do PrismaSeT o PowerLogicTag, que fornece dados precisos em tempo real sobre energia, potência e tensão. Ele monitora com precisão o consumo de energia e comunica sem fio esses dados ao seu dispositivo móvel em tempo real, por meio de um gateway.

Um dos principais focos da PrismaSeT é aumentar a sustentabilidade na gestão

energética, a partir do monitoramento constante. “Neste painel, é possível prever falhas a partir do sensoriamento. Assim, não é necessário manter uma data fixa para a manutenção preventiva, podendo realizar manutenções preditivas, em que os ajustes e as correções são feitos no momento certo. Isso diminui custos desnecessários e otimiza o tempo dedicado a estes serviços. Isso é possível porque existem componentes inteligentes e um software IoT que analisa a condição do painel elétrico, sua instalação, como está a integridade dos equipamentos que o compõem, sua vida útil restante e a identificação de qualquer condição de risco, para assim agir”, explica Fábio Amaral, engenheiro eletricista e diretor da Engerey Painéis Elétricos.

Há, ainda, alarmes inteligentes que são acionados caso haja qualquer mau funcionamento, apontando futuras e possíveis falhas, otimizando a manutenção e, assim, melhorando o tempo de atividade dos componentes do quadro elétrico.

SM6 Connected: painel de média tensão conectado

Para instalações de média tensão, a última novidade vinda do mercado europeu é o painel elétrico SM6 Connected, da Schneider Electric, destinado à distribuição e ao gerenciamento de energia elétrica.

Seu sistema possui recursos de inteligência artificial e monitoramento em tempo real a partir de sensoriamento de todos os seus itens. Assim, é possível obter diagnósticos precisos sobre a integridade das conexões e anomalias, como conexões soltas, deterioração dos componentes elétricos ou pontos de oxidação, ocasionados por condensação, umidade ou poluição, por

exemplo, durante 24 horas por dia, 7 dias por semana (24x7).

Análises e alertas são enviados via IHM, SMS e controle local, a fim de garantir a saúde dos painéis, assim como de toda a instalação elétrica ligada a ele.

Segundo dados da Schneider Electric, especialista global em gestão de energia e automação em mais de 100 países, 25% das falhas nos painéis se devem a conexões soltas ou por deterioração dos componentes elétricos.

A pesquisa mostra, ainda, que outros defeitos (20%) em painéis elétricos se dão por causa do ambiente agressivo, definido como condensação, temperaturas extremas e poluição. Outro motivo está na saúde do disjuntor, dispositivo que tem a função de proteger as instalações elétricas, desligando a energia automaticamente em uma infinidade de ocasiões necessárias, como em curtos-circuitos e sobrecargas.

Outra ênfase da solução é o potencial de identificação rápido e certo de disfunções produzidas pela comutação ou cabos danificados antes que causem interrupção significativa.

Dessa forma, a tecnologia do SM6 é capaz de reduzir as chances de falhas elétricas não só nos painéis, mas em máquinas, equipamentos, motores e acionamentos a ele ligados.

Outros benefícios do SM6 Connected são: software intuitivo e gratuito; interface web, sem necessidade de instalação; algoritmos integrados para 4 graus de severidade do ambiente com base na norma IEC 62271-304, destinada a ser utilizada em condições especiais de serviço no que diz respeito à condensação e à poluição; simplificação das configurações do sistema; resultados

integrados para monitoramento das condições de uso do disjuntor, comparando valores transmitidos pelo Software do Usuário (IED) com características atribuídas ao equipamento; e integração com os sistemas de gestão BMS, Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados (Scada) ou PME.

Por fim, dado que a energia elétrica é útil para a produção de todos os bens e serviços, é imprescindível contar com uma rede funcionando perfeitamente. E isso só se dá via painel elétrico, a melhor opção em termos de segurança para funcionários e produção, pois é ele que garantirá o bom desempenho de máquinas e equipamentos diversos, abstraindo os imprevistos, paradas ou programas desnecessários, e cobranças a mais de energia.

“Com o SM6, eliminam-se também as paradas programadas para simples verificação de componentes do painel elétrico. As manutenções são realizadas no tempo certo, evitando transtornos das interrupções de máquinas e proporcionando economia de recursos, já que paradas causam prejuízos da produção nas indústrias, por exemplo”, finaliza Fábio Amaral, da Engerey.

A arquitetura do painel de média tensão SM6 é modular, acompanhando, assim, a evolução do empreendimento.



Monitoramento Disjuntor

Um dispositivo inteligente monitora os disjuntores, obtendo informações como performance do tempo de operação e carregamento, envelhecimento mecânico e dos contatos.

Otimiza os custos de manutenção, pois possibilita melhor planejamento da manutenção do disjuntor.



Monitoramento térmico e envelhecimento do Transformador

Sua capacidade de monitoramento permite ainda verificar o desempenho dos transformadores, podendo prever falhas e troca deles, antes de ocasionarem paradas indesejadas.



Deteção do Arco Elétrico Interno

De forma ultrarrápida e através do relé VAMP121, é possível detectar arcos elétricos internos e agir preventivamente. Com esse dispositivo, é possível reduzir em até 40% o tempo para extinção de arco quando comparado com relés convencionais.

Alarmes remotos

Painel emite alertas SMS instantâneos caso os parâmetros de saúde (térmicos, ambientais, do disjuntor) excedam os limites estabelecidos.



O mercado brasileiro está preparado para essas inovações?

A resposta é positiva, já que o mercado nacional está cada vez mais aberto a inovações que levem sustentabilidade ao negócio e aumento na produtividade e competitividade de mercado. Há, inclusive, incentivos do governo federal, levando a maior consciência da importância da tecnologia e a efetivamente investimentos nessa área.

Segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI), a defasagem do parque industrial em uma empresa em termos de tecnologias digitais corrobora para a produção perder seu fôlego, oportunidades e ficar mais distante do crescimento.

“As tecnologias do SM6 e do PrismaSet estão inseridas no conceito de Indústria 4.0, garantindo controle e gestão da energia em tempo real. Totalmente integrativas, reduzem paradas nas indústrias que podem levar a impactos negativos, como prejuízos”

São Paulo
Expo11 a 14
de AbrilEstande
F030

VENHA NOS VISITAR!

sua marca de confiança

Quem vive o mercado de fios e cabos de cobre sabe a responsabilidade que tem. Um único erro pode ser fatal. Por isso, trabalhar com uma marca de confiança não pode ser opção, mas regra. E marca de confiança é aquela que tem história sólida, controle em todo processo de fabricação e garante a pureza no seu cobre. É a marca que só recebe elogios, é utilizada e indicada pelos melhores profissionais e está presente em grandes empreendimentos.

Confiança é a marca da Cobrecom.



acesse www.cobrecom.com para mais informações

A curva média de resistividades aparentes

Parte I

Este artigo apresenta as justificativas para que, com base em um conjunto de curvas de resistividades aparentes obtidas a partir de uma campanha de sondagens elétricas verticais (com arranjo de Wenner ou de Schlumberger), seja calculada uma curva média geométrica de resistividades aparentes, que será invertida para a obtenção do modelo geoeletrico correspondente.

A adoção da curva média geométrica como representativa do solo médio de uma área onde vai ser construído um sistema de aterramento foi uma das novidades da última revisão da norma NBR 7117, publicada em novembro de 2020.

A curva média de resistividades aparentes é aquela construída a partir da média geométrica dos valores de resistividades aparentes obtidos para cada espaçamento entre eletrodos. Antes de se proceder ao cálculo da curva média, há que se eliminar os valores extremos (outliers), que são valores atípicos ou discrepantes no conjunto de dados disponível, que fogem ao padrão que caracteriza a distribuição do parâmetro de interesse. A identificação dos outliers é uma etapa essencial do processamento da base de dados disponível.

Uma forma de filtrar a base de dados pode adotar a simples eliminação dos valores que extrapolarem as décadas de resistividades dominantes na sondagem, quando estes valores discrepantes forem poucos com relação ao universo de valores disponíveis. Alternativamente, pode-se proceder a uma filtragem baseada no cálculo do desvio padrão dos logaritmos das resistividades aparentes medidas, com

a eliminação dos valores situados fora da faixa de \pm um ou dois desvios padrão (a critério do projetista). Ambas as técnicas aqui mencionadas são previstas pela NBR 7117/2020, constituindo também novidades desta última revisão da norma.

I - Cálculo de Médias

Um conjunto de valores pode ter diferentes médias, conforme o critério de cálculo utilizado:

- **média quadrática (RMS)** – raiz quadrada da média dos quadrados;
- **as três médias de Pitágoras** – inversa, geométrica e aritmética;
- **média ponderada** - qualquer uma das três médias anteriores, quando são atribuídos pesos aos valores medidos conforme

algun critério previamente estabelecido.

A Figura 1 apresenta graficamente as quatro primeiras médias, entre os valores A e B, onde pode-se observar que:

— $A >$ média quadrática (RMS) $>$ média aritmética $>$ média geométrica $>$ média harmônica $>$ B.

A média quadrática, também conhecida como valor eficaz (RMS), é a maior das quatro médias por dar um peso mais elevado aos valores mais altos quando os eleva ao quadrado. A Tabela 1 apresenta as expressões para as médias simples (não ponderadas) de n sondagens de mesmo espaçamento.

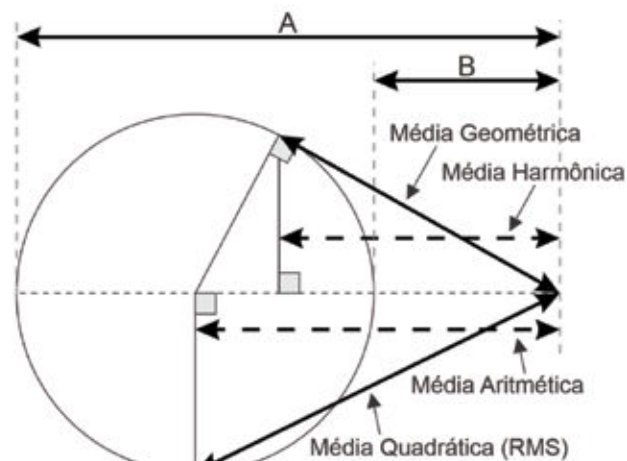


Figura 1: expressão gráfica das médias entre os valores A e B - quadrática, aritmética, geométrica e inversa.

TABELA 1: EXPRESSÕES PARA AS MÉDIAS NÃO PONDERADAS DE N VALORES DE RESISTIVIDADES APARENTES (ρ), ONDE MÉDIA QUADRÁTICA (RMS) $>$ MÉDIA ARITMÉTICA $>$ MÉDIA GEOMÉTRICA $>$ MÉDIA HARMÔNICA.

$MQ = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \rho_i^2}$	$MA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \rho_i$	$MG = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n \rho_i}$	$MI = \frac{n}{\sum_{i=1}^n 1/\rho_i}$
Média Quadrática	Média Aritmética	Média Geométrica	Média Inversa

2 - Curva média de resistividades aparentes – ponto de vista estatístico

O solo é uma estrutura complexa com várias fases – componentes sólidos (minerais), líquidos e gasosos (contidos nos poros dos sedimentos e das rochas). Diferentes tipos de rochas apresentam diferentes características como: porosidade, permeabilidade, compactação, constituição química, conteúdo fluido etc. Em geociências a maioria destes parâmetros têm distribuições assimétricas positivas, e assim ocorre com a resistividade elétrica. Diz-se que a distribuição log-normal é o normal da geologia, sendo uma distribuição assimétrica com cauda que se estende para

a direita (Figura 2).

A resistividade elétrica em um determinado terreno apresenta normalmente um significativo intervalo de valores, que normalmente abrange pelo menos duas décadas. A lei de Archie correlaciona a condutividade elétrica das rochas com a sua porosidade e com a saturação de fluidos nos seus poros. Esta lei revela que a resistividade elétrica de uma rocha é definida basicamente por um produto de parâmetros relacionados com a sua constituição, tais como, porosidade, fração de poros saturados e resistividade do fluido contido nesses poros. A distribuição log-normal é associada a parâmetros que abrangem mais de uma década no espaço log-log e que podem ser expressos pelo

produto de diversos outros parâmetros. Fica evidente, portanto, que a distribuição log-normal aplica-se ao parâmetro resistividade elétrica.

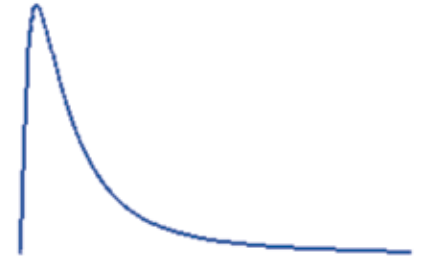


Figura 2: distribuição log-normal.

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

Programa Brasileiro de Eficiência

A Romagnole, está alinhada com as metas e apta a fornecer equipamentos homologados





Requisitos funcionais para Redes Inteligentes

A evolução tecnológica do setor elétrico introduziu novas formas de projetar e desenvolver os sistemas de automação das Redes Inteligentes. Muitos protocolos e padrões internacionais concorrem neste processo, suportados por ferramentas avançadas de desenvolvimento. Apesar desse status, uma pesquisa recente realizada pelo CIGRE identificou uma lacuna de métodos padronizados para especificação de requisitos funcionais para sistemas de automação, independentes das tecnologias de implementação, e acessível a planejadores e usuários não técnicos.

Normalmente a linguagem natural, suportada por planilhas e desenhos técnicos, é o método usual para descrever um requisito funcional, principalmente em processos aquisitivos. A ambiguidade típica destes meios, e a ausência de um formato padronizado ou processo automático de conversão para outros formatos são deficiências reconhecidas desses métodos. A pesquisa identificou uma clara necessidade de um formato compreensível por humanos, mais formal, padronizado e agnóstico a tecnologias. A padronização internacional garantirá a descrição de requisitos inequívocos destes sistemas, permitindo sua compilação mecânica para diversas tecnologias de implementação.

A pesquisa confirmou que a norma IEC 61850 é o padrão de fato para implementação de sistemas de automação, na geração, transmissão, distribuição e recursos renováveis, evoluindo gradualmente para a mobilidade elétrica e eletrodomésticos residenciais. Entretanto, devido à sua dimensão e complexidade,

tem apresentado problemas de interoperabilidade entre fornecedores, não se adequando para especificação de requisitos por planejadores ou usuários não especialistas em automação. Apenas a norma IEC 61850 possui mais de seis mil páginas (seis vezes mais que a Bíblia cristã), desafiando seu domínio por usuários leigos. Entretanto, devido à sua ampla difusão, qualquer nova linguagem de requisitos deve ser compilável mecanicamente para os padrões de projeto atuais, seja IEC 61850, IEC 61131, IEC 61499 ou IEC 13568, e ser legível simultaneamente para humanos e computadores. Isto exclui especificamente linguagens baseadas em XML (eXtensible Markup Language), tais como a linguagem SCL (Substation Configuration Language) adotada na norma IEC 61850, ideais para comunicação entre computadores, mas inviáveis para consumo humano.

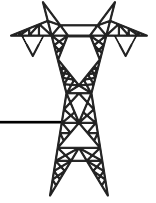
A pesquisa do CIGRE concluiu, ainda, que esta futura linguagem deve usar vocabulário e gramática próximos da maneira como um planejador ou usuário não especialista expressa uma funcionalidade desejada, sendo fácil de aprender e independente da tecnologia de implementação. Especificamente, ela também deve usar sintaxe e semântica formais para permitir definições inequívocas e processamento auxiliado por computador, e ser facilmente integrado ao Ciclo de Engenharia destes sistemas. Além da etapa de planejamento definida pelo usuário, a linguagem poderá ser utilizada para validação e verificação nas etapas subsequentes do ciclo de projeto, na

especificação pelo integrador, na etapa de projeto pelo projetista, na implementação pelo fabricante, e na etapa de testes de aceitação e manutenção pelo usuário final.

Diante deste diagnóstico, o CIGRE internacional comissionou um Grupo de Trabalho (WG B5.64) para propor métodos avançados para especificação de requisitos funcionais destes sistemas baseados em uma Linguagem Específica de Domínio (DSL – Domain-Specific Language). Os programas escritos nesta linguagem deverão obrigatoriamente ser independentes da tecnologia de implementação. Usando sintaxe e semântica precisas, um usuário poderá descrever a estrutura e a lógica desejada do sistema, sem se aprofundar nos detalhes de sua implementação. Esquemas lógicos temporais complexos poderão ser descritos nesta linguagem usando construtos linguísticos simples, próximos à linguagem natural. Os compiladores para as tecnologias de destino serão desenvolvidos por fornecedores, integradores, desenvolvedores ou fabricantes de sistemas de automação, usando tecnologias tradicionais de compilação da indústria de software. Espera-se que, após a publicação do relatório deste grupo, haja um movimento de padronização de uma linguagem similar pela IEC ou IEEE, viabilizando sua disseminação pelo setor elétrico internacional. O CIGRE-Brasil sente-se orgulhoso por liderar esta iniciativa a nível internacional, com a contribuição de mais de 35 especialistas originários de 97 empresas de 42 países participantes da pesquisa e do projeto.



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



Análise de sistemas elétricos

Prezados leitores, embora este tema seja antigo, observo que o desconhecimento sobre o assunto é enorme, mesmo entre engenheiros, professores e profissionais da área.

O circuito equivalente seguinte (Figura 1), do TC, mostra o significado da curva de excitação secundária do TC, conhecida como curva de saturação.

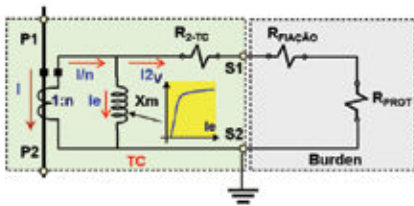


Figura 1 – Curva de Excitação Secundária do TC.

Ainda escuto de professores e engenheiros que os TCs de proteção não podem saturar. Desculpem-me a sinceridade, mas quem fala isso desconhece TC.

Um TC de medição deve dar exatidão na corrente nominal. Um TC de proteção deve dar exatidão na região de curto-circuito. A exatidão de um TC de proteção em regime é da ordem de 0.5 a 2%. A própria norma admite um erro de 10% como sendo aceitável para proteção. Esse erro de 10% não teria como ocorrer se estive na região linear, pois manteria o erro. Logo, para nós engenheiros de proteção, não estamos preocupados se os TCs irão ou não saturar, desde que a proteção opere da maneira como foi projetada.

No livro “Proteção e Seletividade de Sistemas Elétricos Industriais”, em segunda edição, 2022, patrocinado pela Siemens – livro de minha autoria – tem o capítulo quatro (4), no qual falamos muito sobre a questão da

saturação de TCs.

A maior parte dos estudos de saturação de TCs fala apenas da saturação AC. Esta é importante para os dispositivos temporizados. A saturação DC é importante para os dispositivos instantâneos, tais como os relés diferenciais. Assim, deve-se fazer o estudo completo AC + DC.

Outro absurdo que muitas literaturas de concessionárias trazem como mandatórias é a situação de definir em seus procedimentos a corrente primária do TC dividindo-se a corrente de curto-circuito por 20. Se perguntarem por que isso, não conseguem explicar.

O $20 \times I_n$ era o fator de sobrecorrente que aplicado à corrente nominal secundária iria indicar até onde o TC manteria o erro (de 10%), quando estivesse com Burden (impedância) nominal conectada no secundário. Há décadas a impedância da proteção caiu da ordem de Ohms para mOhms.

Adicionalmente, quando se tinha mais de um elemento de proteção, tinha-se uma nova impedância, o que não mais ocorre, pois os IEDs atualmente possuem uma entrada de corrente por fase e uma de terra para todos os elementos de proteção.

Adicionalmente, os IEDs, hoje em dia, possuem filtros adaptativos para melhorarem o valor da corrente lida pelo relé. A definição dos TCs de entrada deve obedecer a critérios de dimensionamento sustentáveis tecnicamente falando. Aquele que quiserem fazer um “upgrade” nos conceitos sobre TC's, recomendo a leitura do capítulo 4 do livro indicado neste tópico e, também fazer o treinamento de seletividade. No final do

capítulo nove (9) tem ainda mais um pouco falando sobre a definição da proteção diferencial usando como um dos critérios a saturação.

Se você consegue responder às perguntas abaixo, embasado tecnicamente, você está começando a entrar no estágio da arte da proteção.

- 1 – O TC satura para $20 \times I_n$?
- 2 – O TC de proteção pode saturar no curto-circuito?
- 3 – Para que serve a curva de saturação do TC?
- 4 – Por que a impedância do TC cai quando ele satura?

Lembrem-se sempre: engenheiro não é cientista. Quem precisa de exatidão maior do que a do TC, não deve utilizar TC e sim Bobina de Rogowski. Em nosso treinamento também abordamos este tema que tem vantagens e desvantagens em sua aplicação.

Atualmente, os profissionais da área estão utilizando a planilha da norma IEEE C37.110 para a verificação da saturação. O seu correto uso e aplicação são fundamentais para o pessoal que trabalha com proteção.

Outra alternativa que exige um pouco mais de conhecimento é a utilização da simulação da saturação no ATP, mostrando os valores instantâneos e os valores RMS. Em nosso treinamento de “Introdução aos Transitórios Eletromagnéticos e ATPDraw” tratamos especificamente deste tema.

Dúvidas, comentários e críticas podem ser enviados diretamente à redação desta revista ou no e-mail: claudio.mardegan@engepower.com.



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



Ampliando o espectro de proteção do DPS

O DPS (Dispositivo de Proteção contra Surtos) é amplamente conhecido no mercado como uma medida de proteção para equipamentos e instalações. No entanto, muitos desconhecem que ele é fundamental para a proteção da vida humana.

As descargas diretas na estrutura e nas linhas metálicas externas (energia ou sinal) que alimentam a instalação elétrica interna da estrutura são as principais fontes de dano para a proteção contra descargas atmosféricas, visando a proteção da vida humana. Ambas podem causar perda de vida humana por choque e incêndio. O risco dessa perda ocorrer é diretamente proporcional à área de exposição na estrutura, no caso da descarga direta na estrutura, e à área de exposição da linha, no caso da descarga direta na linha elétrica. Tipicamente, as linhas metálicas estão muito mais expostas que a estrutura, fazendo com que o risco devido à descarga direta na linha seja maior. Neste contexto, as medidas de proteção para descargas diretas na linha são mais solicitadas e importantes que as medidas destinadas à descarga direta na estrutura.

A principal medida para mitigar o risco de perda de vida humana por descargas diretas na estrutura é o SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas). Já a principal medida de proteção para

descargas diretas na linha é a utilização de DPS na entrada delas junto à estrutura. Toda PDA necessariamente deve dispor de DPS na entrada das linhas, ou seja, a PDA também deve considerar a proteção contra descargas diretas nas linhas. Em ambos os casos, a função do DPS é promover um caminho seguro para a corrente da descarga atmosférica entre a linha e a terra, por meio da equipotencialização promovida pelo DPS. A falta desta equipotencialização pode permitir que potenciais gerados pela descarga atmosférica sejam capazes de criar centelhamento perigoso, causa de incêndio e choque.

Logo, a utilização de DPS nas entradas das linhas junto às estruturas é uma medida fundamental na proteção da vida humana, independentemente da fonte de dano. Infelizmente, essa prática não é comum nos projetos e instalações de proteção contra descargas atmosféricas. O mercado associa a utilização de DPS apenas à proteção de instalações e equipamentos e não à proteção da vida humana. No entanto, essa é apenas a primeira barreira que a utilização do DPS deve superar. A seguinte é a correta especificação e instalação do dispositivo de proteção contra surtos, pois nem todos os dispositivos são capazes de suportar os valores envolvidos na proteção.

O DPS adequado para a utilização

como proteção da vida humana deve ser capaz de suportar a corrente direta da descarga atmosférica, assim deve ser aprovado em ensaio de laboratório com correntes impulsivas em várias intensidades cuja forma de onda é apresentada em função do tempo, tipicamente 10/350µs. O primeiro parâmetro (10 µs) define o tempo que a corrente elétrica leva para chegar até 90% do valor de pico da curva e o segundo (350 µs) define o tempo que a corrente elétrica leva, na cauda, para decair até a metade do pico da curva. A NBR5419 define o DPS capaz de suportar esta forma de onda como um DPS classe I.

Há disponíveis no mercado DPS utilizados exclusivamente para a proteção contra surtos induzidos ensaiados com correntes sob forma de onda característica bem diferente da 10/350µs. Quando o ensaio é padronizado com correntes impulsivas caracterizadas sob forma de onda 8/20µs (respectivamente, tempos de frente e cauda da onda) este DPS é classificado pela NBR5419 como classe II.

É comum que, indevidamente, o DPS classe II seja utilizado em lugar do DPS classe I, devido à falta de conhecimento técnico e ao fato de ser comumente mais barato. No entanto, este erro não reduz o risco de perda de vidas humanas, podendo até aumentá-lo. A diferença

fundamental entre esses dispositivos está na suportabilidade à dissipação de energia que o DPS classe I tem em relação ao DPS classe II. A figura 1 apresenta as duas formas de onda, sendo que a área das curvas verde e azul representam, respectivamente, a energia que deve ser dissipada pelo DPS classe I e classe II durante o ensaio em laboratório. Assim se o DPS classe II for exposto às condições impostas pelas características de corrente direta de raio, representados pela curva verde, geralmente acabará incendiando ou explodindo, o que deve ser evitado.

Para garantir a segurança nessas condições é fundamental utilizar DPS adequado, capaz de não atuar em tensão nominal de serviço e suportar a corrente de impulso máxima prevista na entrada da

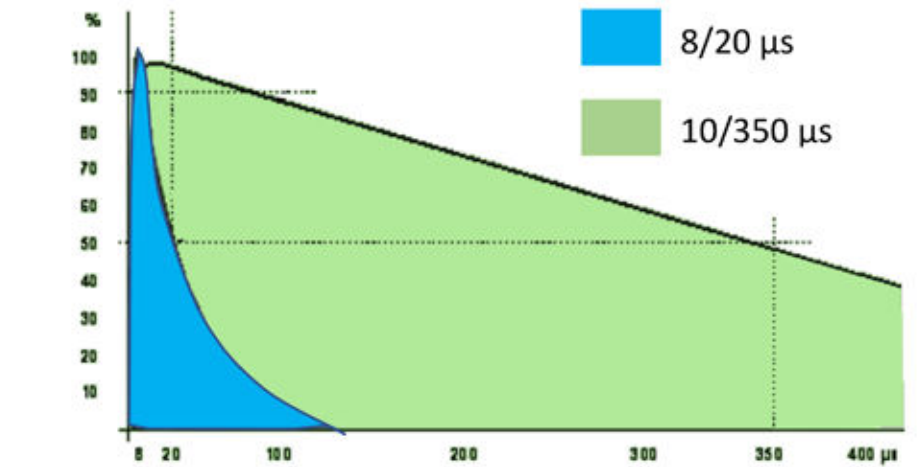


Figura 1 – Formas de onda utilizada para ensaios de DPS em laboratório.

linha quando esta for atingida por descarga atmosférica, portanto DPS classe I. Além disso, é importante que a energia residual

deixada pelo dispositivo seja suportada pela instalação a jusante e que o DPS seja adequadamente instalado.

Excelência em Transformadores

IRRIGAÇÃO
ENERGIA FOTOVOLTAICA
ENERGIA ELÉTRICA
INDÚSTRIA
MANUTENÇÃO

MINUZZI®

www.minuzzi.ind.br





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.



Critérios técnicos em especificações de luminárias públicas

Ao dar sequência a esta série de artigos sobre o tema "Iluminação", irei abordar a questão dos critérios técnicos utilizados para especificar uma luminária pública e se realmente tal especificação está ajudando a qualificar os equipamentos, sejam estes descritivos para compras públicas ou privadas.

ATUALMENTE, ATENDER AOS REQUISITOS DO INMETRO E DO PROCEL NÃO GARANTE UM PRODUTO COM A MELHOR EFICÁCIA, MAIOR DURABILIDADE E MENOR TAXA DE FALHAS, JÁ QUE OS ÍNDICES PRATICADOS PELOS FABRICANTES ESTÃO BASTANTE ACIMA DOS EXIGIDOS NOS DOIS DOCUMENTOS PÚBLICOS CITADOS.

Passados cinco anos da publicação da portaria 20 (atual portaria 62) que instituiu a certificação compulsória e não teve seu texto e exigência técnica atualizados, bem como de quase quatro anos da publicação dos critérios para o Selo Procel de luminárias, faz-se necessário trazer à tona este tema, visto que existe uma dificuldade generalizada em se estabelecer critérios técnicos para balizar e equalizar a especificação de um luminária pública.

Atualmente, atender aos requisitos do Inmetro e do Procel não garante um produto com a melhor eficácia, maior durabilidade e menor taxa de falhas, já que os índices

praticados pelos fabricantes estão bastante acima dos exigidos nos dois documentos públicos citados.

A questão principal é que muitas vezes são feitas exigências descabidas, muito superiores e restritivas, e na maioria das vezes não agregam nada para o comprador, além de ter o efeito de restringir a concorrência, de forma intencional ou não, colocando barreiras que não acrescentam nada, quando as que deveriam estar sendo avaliadas não estão.

Alguns exemplos dessas exigências: número de parafusos de fixação que deve ter a luminária, grau de proteção IP67 (submersão temporária para luminária pública), temperatura de cor de 6500K ou superior, $FP > 0,98$ (fator de potência para ser considerado alto deve ser acima de 0,92), classificação fotométrica exigindo alguma específica (TIPO II – Média) sendo que a classe das vias e espaçamento pode ser variável. Há também a exigência de nível de iluminação sem citar norma e sem fazer projeto luminotécnico para o item a ser adquirido, obrigatoriedade de ajuste de ângulo sem fazer projeto luminotécnico, grau de proteção IP-67 (utilizado dentro da luminária), THD (distorção harmônica) menor que 10%, vida útil mínima de 100.000 horas de "vida útil" (sendo que o conceito utilizado para avaliação é a manutenção de fluxo luminoso e não vida útil) entre outras exigências, as quais, ou não serão efetivamente verificadas, estão sendo utilizadas de maneira incorreta ou sem a devida justificativa técnica. Esses são alguns exemplos que poderiam ser melhor detalhados e avaliados, para saber de que forma poderiam

ser equalizados em benefício da qualificação técnica de uma especificação de compra de luminárias públicas.

Espera-se que com a vigência da nova lei de licitações o quadro possa melhorar, tendo em vista a possibilidade do diálogo competitivo e da eficiência como modalidade de contratação. A nova lei deve agregar valores no sentido de que realmente se compre de maneira mais consciente.

A fase preparatória de uma licitação ou de uma compra privada deveria ser precedida de maiores e melhores estudos técnicos, detalhamento na medida dos itens que de fato importam, além de estudo luminotécnico detalhado para cada local onde será implantada ou modificada a iluminação.

E o que seriam pontos importantes a serem considerados e normalmente não são?

As características de operação e taxas de falhas de acordo com as mesmas, a capacidade de atendimento e execução da garantia pelo fornecedor, o custo benefício efetivo do equipamento durante seu tempo de utilização, distribuição fotométrica correta e seus respectivos resultados, entre outros critérios que podem ser usados para balizar uma aquisição.

Este tema não se esgota aqui, portanto, pretendo aprofundar nos próximos meses, com novos artigos, sobre outras exigências e o que está sendo praticado nas licitações públicas e concorrências privadas, com exemplos e com sugestões de boas práticas que favoreçam a concorrência leal e o usuário do sistema de iluminação.



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



Critérios para avaliação de riscos elétricos – Desafios

Efetuar uma avaliação de exposição a riscos elétricos é condição intrínseca ao atendimento à NR 10, onde é obrigatório a elaboração do RTI – Relatório Técnico das Instalações Elétricas, vide item 10.2.4 alínea “g” da NR 10. A correta elaboração do RTI deve considerar a abrangência do mesmo quanto à análise do sistema de gestão de SST existente para riscos elétricos, contemplando a documentação técnica das instalações elétricas, as características físicas das instalações elétricas, e, principalmente, a gestão de SST para riscos elétricos, e não somente elaborar um “laudo das instalações elétricas” evidenciando “possíveis não conformidades, o que infelizmente é a situação predominante hoje no país, seja por desconhecimento das premissas estabelecidas pela NR 10, seja por interesses econômicos.

Ressalta-se a interface da NR10 com o disposto na NR 1 – disposições gerais, onde a avaliação de fatores de riscos elétricos deve observar o Gerenciamento de Risco Ocupacional (GRO), e consequente PGR – Programa de Gerenciamento de Riscos, com a elaboração do inventário de perigos e riscos elétricos da Organização. Assim, a interface do RTI com o PGR é condição intrínseca.

Para uma avaliação correta e eficaz do atendimento à NR 10 quanto às medidas de controle para riscos elétricos referentes às características físicas construtivas das instalações elétricas, é necessário que seja feita uma avaliação direcionada, sempre considerando as medidas de controle existentes para riscos de choque elétrico,

arco elétrico, incêndio, explosão e outros fatores inerentes às instalações elétricas, além de riscos adicionais (Perigos externos na NR 1), onde algumas premissas básicas devem ser atendidas, conceitos técnicos básicos estabelecidos por normas técnicas aplicáveis.

Considerando os “requisitos de gênero” das instalações elétricas, a avaliação de perigos e riscos Elétricos está basicamente dividida em três categorias: choque elétrico, fogo de origem elétrica, e arco elétrico.

Choque elétrico – O choque elétrico ocorre quando há um contato acidental de forma direta ou indireta com partes energizadas em que ocorra circulação de corrente pelo corpo humano. A correta avaliação desse quesito deve considerar as premissas estabelecidas na NBR 5410 BT e NBR 14039 MT,

Porém, visando a correta classificação de riscos elétricos no PGR, é necessário que sejam avaliados criteriosamente os requisitos das instalações elétricas para todas as pessoas expostas ao perigo da eletricidade, considerando as premissas estabelecidas como proteção total e proteção parcial conforme “competência das pessoas - BA” expostas, definidas nas normas técnicas aplicáveis.

Fogo de origem elétrica – O fogo de origem elétrica (Classe C) ocorre através de efeito térmico oriundo ou não do circuito elétrico com a ignição de materiais que compõe a instalação. Durante um incêndio poderá haver partes energizadas. O combate a incêndios desse tipo requer técnicas

específicas e deve fazer parte das medidas de controle pertinentes a cada cenário elétrico, considerando a realidade existente.

A definição de fogo Classe C corresponde a ocorrências em equipamentos elétricos energizados, como motores, transformadores, quadros de distribuição, fios e demais equipamentos. A avaliação desse requisito é obrigatória na estruturação do inventário de perigos e riscos elétricos no PGR, inclusive na definição de medidas de controle relacionadas a emergências.

Arco elétrico – gerado pela ionização de gás como consequência de uma conexão elétrica entre dois eletrodos de diferentes potenciais, de diferentes fases ou entre um eletrodo e um circuito de terra. Normalmente é gerado acidentalmente devido à falha de equipamentos em curto circuito e libera grande quantidade de energia calorífica num curto intervalo de tempo. É capaz de provocar a fusão de metais componentes dos equipamentos, que podem ser lançados contra pessoas e objetos que estejam nas proximidades, causando queimaduras severas e combustão.

A avaliação correta da exposição ao risco de arco elétrico é um dos principais desafios, devido à falta de conhecimento de profissionais da área elétrica e do SESMT, bem como interesses comerciais daqueles que realizam estudos de energia Incidente, causando sérios problemas de segurança para as pessoas, bem como para as organizações, na estruturação do PGR- NR 1 na “classificação do nível de risco “para os cenários elétricos existentes.



Danilo Ferreira 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). Atua também como professor na Universidade Federal de Mato Grosso, e é membro do Comitê Brasileiro de Eletricidade (Cobei) CB-3 da ABNT.



A transição energética em curso não é para fontes renováveis

Recentemente, realizei uma simples pesquisa. Apliquei a seguinte pergunta a 50 pessoas próximas (diversas do setor de energia): existe uma transição energética em andamento em que as fontes de energia renováveis estão substituindo os combustíveis fósseis?

Do total de entrevistados, 48 responderam que sim a essa pergunta e outros dois afirmaram não saber a resposta. Aparentemente, eles não estão errados, afinal este é o discurso dominante nos meios de comunicação.

É importante observar que, quando falamos em energia, não nos limitamos apenas à matriz energética primária do setor elétrico, englobando também os transportes, processos térmicos industriais, dentre outros.

É um tanto quanto complexo definir o que é uma transição energética, pois a hermenêutica do vocabulário empregado permite compreender que, em uma transição efetiva, seria uma mudança completa da utilização de um recurso para outro. Na verdade, uma transição pode ser lenta, pode ser caracterizada pelo não aumento de um recurso e pela inserção de outro alternativo, que com o tempo, passa a ocupar a parcela dominante da totalidade.

No século XIX, o carvão ultrapassou a biomassa no fornecimento da maior parcela do suprimento global de energia e, no século XX, o petróleo superou o carvão, ocupando a parcela principal no fornecimento de energia para manutenção dos Sapiens.

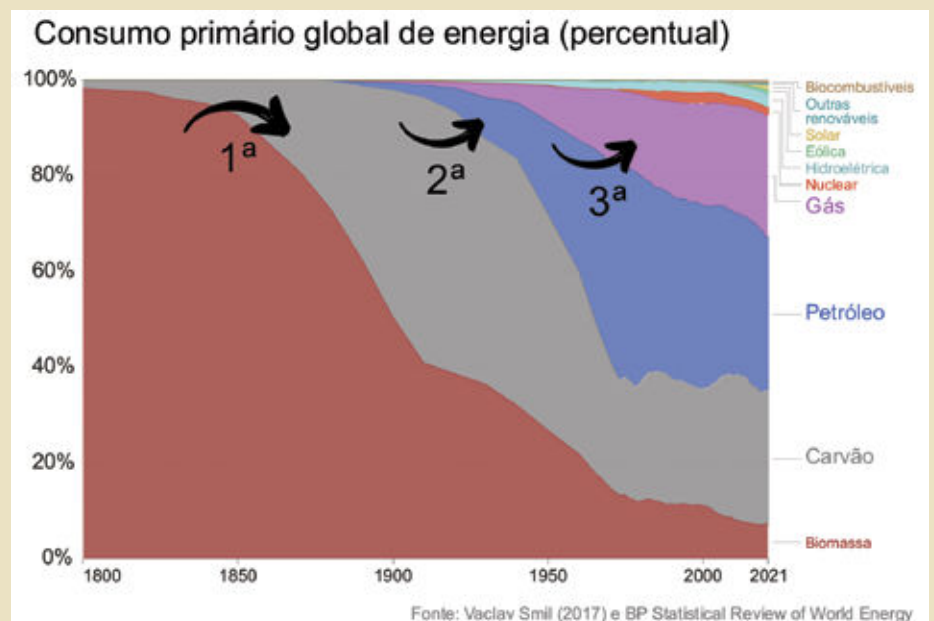
Esses dois momentos até poderiam ser

caracterizados com alguma racionalidade, como adições de energia em vez de transições. Entretanto, essa seria uma visão equivocada, pois desconsidera o crescimento populacional. Essa análise só pode ser realizada em termos relativos (percentual), pois em valores absolutos o consumo energético só tem apresentado crescimento, e não é difícil entender, pois éramos um bilhão de sapiens em 1800 e hoje (2023) somos mais de oito bilhões.

Dessa forma, se analisarmos rigorosamente, uma transição energética efetiva nunca ocorreu, nem poderia, dado o crescimento vegetativo da população, o aumento da expectativa de vida e, felizmente, os avanços no consumo individual de energia e acesso aos bens. Assim, o que houve foram incrementos energéticos para

atender à aceleração do aumento populacional. Agora, dentro do conceito de transições relativas, já passamos por duas e estamos caminhando para a terceira, que não aponta para as renováveis.

A primeira transição pode ser caracterizada pela substituição da lenha (biomassa) como combustível de maior utilização pela humanidade, desde o domínio do fogo. Foi trocada pelo carvão mineral, que se tornou a energia motriz da segunda Revolução Industrial após o desenvolvimento comercial da máquina térmica no século XVIII, possibilitando assim um ganho extraordinário na capacidade produtiva. Desse modo, pode-se dizer que a primeira transição foi de uma fonte renovável para uma não renovável.



A segunda transição energética é concebida pelo processo de entrada do óleo de origem fóssil formado em rochas sedimentares ao longo de milhões de anos. O óleo, ou petróleo, possui maior poder calorífico do que o carvão, estando em estado líquido, o que facilita o transporte e armazenamento, além de apresentar fluidez.

Ainda durante a segunda Revolução Industrial, a energia do petróleo começou a ser usada mais intensamente a partir do desenvolvimento dos modelos comerciais do motor de combustão interna, o qual é utilizado em carros até hoje. E é predominantemente no setor de transporte, onde o petróleo se mantém como recurso energético quase intocável até a atualidade.

A mobilidade elétrica até o momento não apresentou uma ameaça tão grave a esse reinado, especialmente no transporte pesado. Nas utilizações não energéticas, o petróleo possui aplicações fantásticas, como nos setores de têxtil, solventes, química fina, agroquímica, polímeros (plásticos), etc.

Finalmente, a transição que estamos presenciando é, na verdade, a entrada mais forte do gás natural na matriz energética mundial, sobretudo a partir da metade do século XX. O gás natural é composto por uma mistura de hidrocarbonetos leves, como metano, etano,

propano e butano. Por esse motivo a queima é menos impactante que a do óleo e do carvão, no que se refere às emissões. Atualmente, o gás natural já representa aproximadamente 25% da matriz energética mundial.

A inserção do gás natural na matriz da geração de energia elétrica representou um importante aumento de eficiência em relação ao óleo e carvão, pois parte das novas plantas operam em ciclo combinado, com eficiência global passando da média de 30% do ciclo simples para valores na faixa de 55 a 60% em ciclos combinados. O gás natural também desempenha papel relevante no aquecimento em países frios e ainda na cocção (cozimento) de alimentos.

Outra característica importante do gás natural é a capacidade de armazenamento, pois é flexível, possibilitando assim a complementariedade com as fontes renováveis que operam nos fluxos, sem a possibilidade de armazenamento direto para despacho nos momentos adequados.

Mas, onde estão as fontes renováveis?

Em 2021, as fontes renováveis, desconsiderando a lenha, foram responsáveis por 5,7% do total de energia primária. Se a lenha (biomassa) for considerada, o total de renovável pode chegar a 12%. Ou seja, podemos afirmar que o que tem ocorrido é a

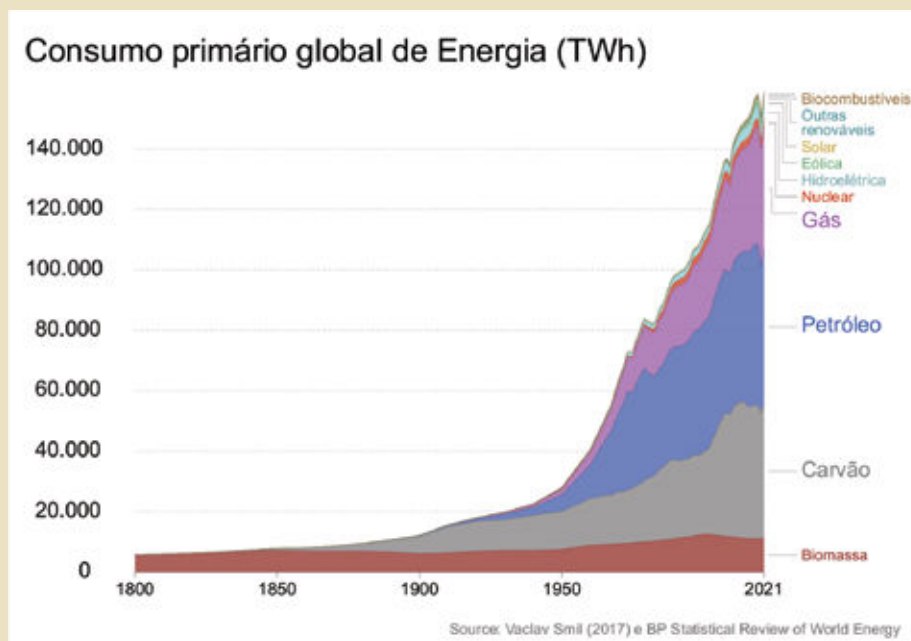
inserção de novos projetos de geração de energia a partir de fontes renováveis, mas isso não representou uma ameaça à supremacia dos combustíveis fósseis. Pelo contrário, eles continuam dominantes na matriz energética mundial.

Se as transições energéticas ocorridas até este momento podem ser descritas como adições de novas fontes de energia no mix, sem renunciar às anteriores, as renováveis demorarão algumas dezenas de anos para representarem 50% da matriz energética mundial.

Existem diversos motivos pelos quais as fontes de energia tendem a não competir fortemente umas com as outras. Uma das principais razões está relacionada à estrutura das economias de mercado, que são impulsionadas por uma dinâmica de crescimento em busca de lucros, e não por uma preocupação por conservação. Nesse sentido, na maioria das vezes as novas fontes/tecnologias de conversão não são disruptivas, mas são adicionadas de forma a se acomodarem no colchão global de energia. Assim, historicamente, elas entraram para somar e não para substituir as antigas.

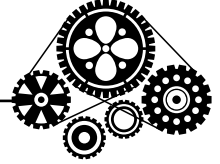
Para não desanimar os colegas, é absolutamente possível que a transição dos combustíveis fósseis para a energia renovável esteja em seus estágios iniciais, rompendo com o padrão histórico discutido aqui. Afinal, no passado, as nações, indústrias e o público não estavam tentando reduzir o uso de nenhuma fonte de energia em particular, mas simplesmente buscando maneiras de fornecer mais energia.

Além disso, nos últimos anos, uma grande parte do mundo reconheceu claramente que a mudança climática global é uma séria ameaça para as sociedades e que uma redução acentuada no uso de combustíveis fósseis é necessária para minimizar a sua gravidade. Nesse contexto distinto, talvez haja motivos para um tímido otimismo de que veremos, em poucos anos, uma transição energética no sentido pleno da palavra, em que as fontes renováveis de energia realmente venham a substituir os combustíveis fósseis. Entretanto, neste momento, isso não está ocorrendo.





Caio Cezar Neiva Huais é engenheiro de produção, pós-graduado em Engenharia Elétrica e Automação com MBA em engenharia de manutenção. Atualmente, é gerente corporativo de manutenção de alta tensão no Grupo Equatorial Energia.



Monitoramento de descargas parciais em transformadores de potência imersos em óleo isolante utilizando a técnica de emissões acústicas

As descargas parciais podem ser definidas como fluxos de elétrons de natureza disruptiva, que percorrem parcialmente o meio dielétrico existente entre elementos condutores da parte interna de um transformador de potência. Trata-se de um fenômeno naturalmente inerente à operação desse tipo de equipamento, podendo ser observado mesmo em equipamentos novos, não acometidos de problemas de sistema isolante.

Entretanto, essas descargas tendem a se intensificar sobremaneira, em virtude do surgimento de problemas dielétricos envolvendo a parte ativa. Esses problemas podem ser decorrentes da degradação

natural do sistema isolante, pelo envelhecimento da isolação celulósica e/ou degradação do óleo isolante, mas também oriundos de esforços eletrodinâmicos demasiados, sofridos pela parte ativa quando da suplência de curtos-circuitos e da exposição a outros fenômenos transitórios.

Assim, a detecção de uma atividade anômala de descargas parciais pode trazer evidências robustas acerca de problemas na parte ativa do transformador, propiciando a prevenção de falhas catastróficas e, com isso, custos e impactos operativos expressivos.

Uma das técnicas preditivas não invasivas já consagradas no setor elétrico

de potência – para fins de monitoramento de descargas parciais em transformadores de potência – é a técnica de emissões acústicas. Ela baseia-se no fato de que as descargas parciais, ao ocorrerem, produzem perturbações ultrassônicas, que se propagam pela parte interna do transformador, utilizando o óleo isolante como meio, podendo sensibilizar sensores acústicos adequadamente acoplados à parte externa do tanque principal. Esses sensores, que usualmente operam com uma frequência de ressonância de 150 kHz, atuam junto com circuitos de amplificação, filtragem e processamento de sinais. Então, com algoritmos adequados, torna-se possível uma interpretação da natureza e da origem das emissões acústicas com expressiva acurácia, dado que as posições dos sensores no tanque são conhecidas e a velocidade de propagação das emissões acústicas no óleo isolante também. Com isso, pode ser feito um rastreamento da(s) fonte(s) de descargas parciais com coordenadas tridimensionais e clusters com volumes bem definidos (vide Figura 1).

Na Figura 1, os pontos em preto são as posições dos sensores de emissões acústicas (EAs) acoplados ao tanque do transformador de potência em

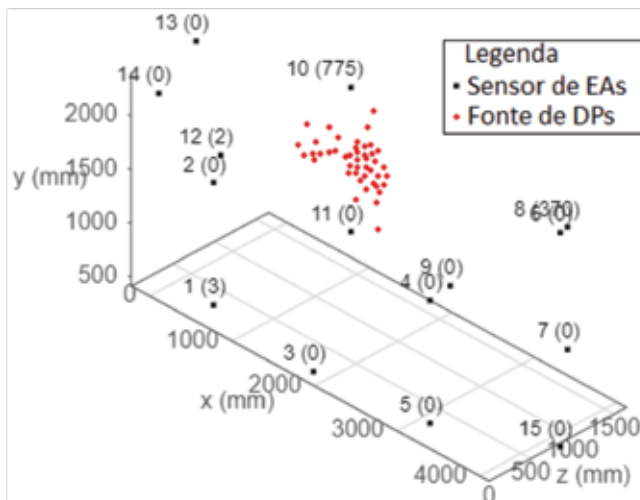


Figura 1 – localização de descargas parciais em transformador de potência.

monitoramento. No caso, foram utilizados 15 sensores. A partir do tratamento dos sinais obtidos, eliminando-se os ruídos de outras fontes, obtiveram-se, como fontes de descargas parciais (DPs), os pontos em vermelho. Explicitam-se, pois, as regiões internas do transformador nas quais se deve atuar para a correção da causa dos problemas. E isso permite uma maior eficiência das equipes de manutenção, que, em vez de terem de inspecionar o equipamento por completo, à procura das fontes de defeito, passam a buscá-las de maneira mais direcionada, reduzindo os prazos e custos de intervenção.

Contudo, para que seja possível o monitoramento de descargas parciais nos moldes supracitados, necessita-se verificar uma variação anômala na intensidade e frequência da atividade dessas descargas, o que se faz por meio de uma análise cronológica comparativa, idealmente tomando como base os registros obtidos quando o transformador se encontrava íntegro, após sua primeira energização. É o que se denomina “assinatura de descargas parciais”.

Alternativamente, a comparação da atividade de descargas parciais entre transformadores de projeto idêntico pode fornecer subsídios elementares para a detecção de problemas de sistema isolante, propiciando a distinção do que são descargas típicas da operação normal, daquelas que têm natureza de falha incipiente.

Em ambos os casos, esse tipo de monitoramento deve ser feito por pelo menos 24 horas ininterruptas, de modo que o acompanhamento se dê durante todo o ciclo de carregamento do transformador. Isso porque, com correntes de carga mais intensas, as atividades de descargas

parciais tendem a se incrementar, favorecendo a detecção de anomalias.

É interessante pontuar que, embora transformadores mais envelhecidos sejam mais vulneráveis a esse tipo de problema, transformadores novos também podem dele ser acometidos, sobretudo quando apresentam problemas de montagem ou sofrem distúrbios operativos.

Deve-se destacar, ainda, que uma boa prática de Engenharia de Manutenção é realizar o monitoramento de descargas parciais utilizando a técnica de emissões acústicas pelo menos uma vez por ano e/ou sempre que o transformador sofrer algum distúrbio operativo e/ou, ainda, quando as análises de gases dissolvidos no óleo isolante (cromatografias) explicitarem incremento da atividade de descargas parciais. Para tanto, é indispensável que, conforme determinado pela ABNT NBR 5356-9, intitulada “Transformadores de potência – Parte 9: Recebimento, armazenagem, instalação e manutenção de transformadores e reatores de potência imersos em líquido isolante”, essas análises de óleo sejam procedidas antes da energização do transformador, de 24 horas a 36 horas após essa energização, dez dias após ela, 30 dias após ela e, então, semestralmente, após essa última, ou sempre que detectada alguma variação suspeita nas concentrações de gases.

Por mais que alguns tipos de descargas parciais não ensejem o surgimento de perturbações sensíveis nas concentrações de gases dissolvidos no óleo, em alguns casos pode haver diagnósticos claros. Assim, os resultados da cromatografia de óleo isolante podem ser evidências complementares importantes para a detecção de atividades anômalas de descargas parciais. Para interpretá-los

adequadamente, deve-se fazer uso dos critérios estabelecidos por meio da ABNT NBR 7274:2012, intitulada “Interpretação da análise dos gases de transformadores em serviço”.

Outrossim, um ponto óbvio deve ser tomado como indispensável: para que se obtenha um diagnóstico efetivo, o sistema de processamento das emissões acústicas deve ter sensibilidade adequada para eliminar ruídos de origens outras que não descargas parciais. Cita-se, aqui, por exemplo, ruídos decorrentes de chuva (é interessante que, durante o monitoramento, sejam registrados períodos de chuva, justamente para evitar-se falsos diagnósticos), e/ou mesmo do acionamento da ventilação forçada.

Portanto, com um adequado monitoramento periódico de descargas parciais pelo método acústico, robustecido por evidências sistêmicas de análise de gases dissolvidos no óleo isolante, torna-se possível a detecção de atividades anômalas de descargas parciais, propiciando intervenção antecipada no equipamento sob análise. Assim, evita-se que elas evoluam para disrupções dielétricas em partes estratégicas do sistema isolante, com a conseguinte falha do transformador.

*Colaborador: Yuri Andrade é engenheiro eletricista no Grupo Equatorial Energia, atuando na área de Engenharia de Manutenção de Subestações de Alta Tensão em Goiás. Graduou-se em Engenharia Elétrica pela Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação da Universidade Federal de Goiás (2016), onde obteve o título de Mestre em Engenharia Elétrica (2019) e onde cursa, atualmente, o doutorado em Engenharia Elétrica.**



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



Ah, esses gregos! O que Anaximandro tem a ver com descargas parciais?

Imagine alguém dizer, há mais de 600 anos Antes da Era Comum (AC – Antes de Cristo), ou seja, muitos anos antes de Copérnico (1543) e Galileu (1642), que a terra era uma pedra suspensa no ar e que o céu estava tanto em cima como embaixo? A história nos conta que Anaximandro, discípulo de Tales, foi o primeiro a dizer isso. Mas como será que ele, na época sem nenhum recurso tecnológico moderno, conseguiu chegar a essa conclusão? Por meio da observação!

Através da observação, também, a engenharia conseguiu notar que, antes da falha de um circuito isolado, surgia o fenômeno de atividades de descargas parciais.

Mas o que são descargas parciais?

*"Descargas parciais são rupturas/centelhamentos que ocorrem localmente em determinada região do cabo ou em seus acessórios. (...) Podem produzir alteração nas características e propriedades elétricas dos materiais que compõem os cabos, aquecimento localizado, entre outros fenômenos."*¹

Diferentemente de Anaximandro, que fez suas observações e conclusões com recursos limitados, hoje já dispomos de equipamentos de alta tecnologia e precisão para detectar e medir

as intensidades das descargas parciais. Porém, o conceito é o mesmo: observar, entender e agir. "Jogar luz" no problema e, com isso, melhorar nosso entendimento sobre ele. E foi exatamente isso que a empresa Braskem fez. Porém, antes de explicar o case, é importante levar em conta algumas considerações.

As principais normas e boas práticas internacionais recomendam que se deve comissionar os circuitos isolados (subterrâneos, diretamente enterrados, cable rack etc.) antes da energização.

A prática mais usual é realizar o comissionamento através dos testes de tensão aplicada em VLF (Very Low Frequency). Contudo, esses ensaios são do tipo "passa-não passa", ou seja, são testes binários, com resposta "sim" ou "não" para a energização.

Como a geração atual se beneficia do aprendizado das gerações passadas, assim como Copérnico e Galileu se beneficiaram das observações de Anaximandro, podemos e devemos melhorar o comissionamento dos cabos isolados introduzindo outros ensaios além do teste de tensão aplicada em VLF. Com isso, conseguimos mitigar a existência de defeitos típicos em acessórios, emendas e terminações de cabos isolados (conforme detalha a Figura 1) que poderiam, a curto, médio ou longo prazo, levar a falhas nos circuitos.

¹ BENTO, Daniel et. al. Redes de média tensão em usinas eólicas e solares - projeto e gestão de redes subterrâneas para fontes renováveis. São Paulo, 2022.

Acessórios	Causa	Efeito	Padrão de fase
 Terminação	Acúmulo de sujeira, oxidação	Descargas através da superfície	DP externa
	Falhas de instalação, falhas em manutenção	Descargas parciais internamente no isolamento	DP interna
 Emendas XLPE/EPR	Falhas na instalação, falhas na manutenção, envelhecimento	Descargas parciais, lento dano aos isolamentos	DP interna
	Umidade	Descargas superficiais entre condutor e malha	DP externa

Figura 1 - Defeitos típicos em acessórios de cabos isolados.



Figura 3 - Terminação com corte na semicondutora.

O case Braskem

Recentemente, a equipe de engenharia da Braskem, atenta à importância dos testes para garantir o funcionamento adequado de toda a operação antes de energizá-la, solicitou um trabalho de comissionamento em uma de suas plantas no Brasil. Na ocasião, foram realizados, além do teste de tensão em VLF, também os ensaios de tangente delta, de descargas parciais (conforme esquema de montagem da Figura 2) e de reflectometria na blindagem.

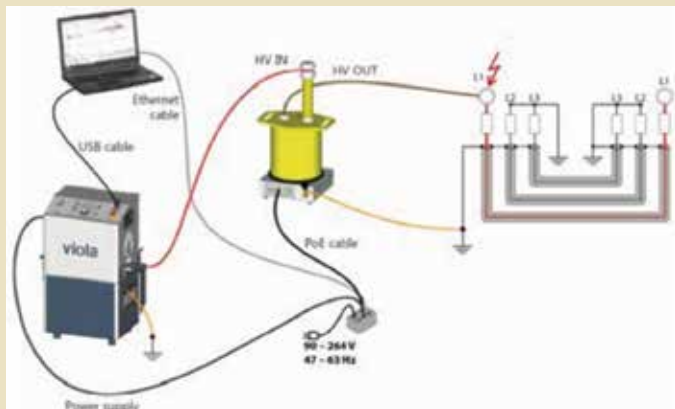


Figura 2 - Esquema de montagem usual para arranjos de medição de descargas parciais em ensaios offline.

Na avaliação dos resultados, uma das terminações (Figura 3) apresentou atividades de descargas parciais (conforme os gráficos das Figuras 4 e 5). Ao substituir a terminação defeituosa e realizar novos ensaios, foi verificado que as descargas haviam desaparecido, deixando o circuito com a confiabilidade esperada para iniciar suas atividades com a máxima segurança operacional.

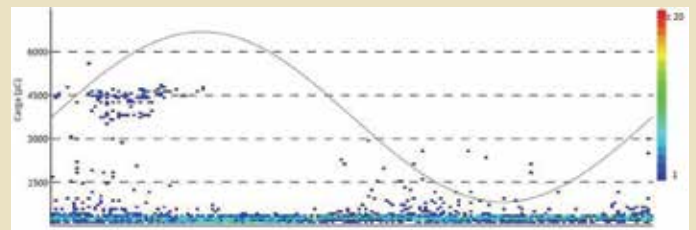


Figura 4 - Gráfico apresentando descargas parciais.



Figura 5 - Gráfico de intensidade e localização das descargas parciais.

É sempre importante lembrar que os circuitos isolados, apesar de contarem com uma alta confiabilidade, também estão suscetíveis a falhas por causas naturais e humanas. Cabe a nós, profissionais do setor, dominarmos e utilizarmos sempre as melhores práticas para atuar de forma proativa - em vez de reagir tardiamente - na identificação de fragilidades que podem comprometer seriamente o funcionamento de instalações elétricas subterrâneas.



José Starosta é diretor da Ação Engenharia e Instalações e presidente da Sociedade Brasileira de Qualidade da Energia Elétrica (SBQEE)
jstarosta@acaoenge.com.br



A 19ª edição do COBEE – os desafios da eficiência energética permanecem

A 19ª edição do Congresso Brasileiro de Eficiência Energética aconteceu no mês de março de 2023, com diversas temáticas e propostas de novos desafios. Foram apresentados bons esclarecimentos sobre aplicações, cases, cuidados na implantação de projetos, retrofits e modelos de investimentos e financiamentos, além de da premiação de projetos das Escos,

O QUALIESCO ESTÁ ENTRANDO EM NOVA FASE OPERACIONAL, COM A AMPLIAÇÃO DAS ÁREAS E COMPETÊNCIAS A SEREM QUALIFICADAS, BEM COMO A POSSIBILIDADE DE PARTICIPAÇÃO DE UM MAIOR NÚMERO DE EMPRESAS E PROFISSIONAIS DA ÁREA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.

O Qualiesco – programa desenvolvido e implementado pela Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia (Abesco), desde 2011, em escala nacional. O programa tem o intuito de conhecer e quantificar as especialidades de cada Esco, com o propósito de validar as declarações das capacitações das Escos participantes e referendá-las ao mercado.

O Qualiesco está entrando em nova fase

operacional, com a ampliação das áreas e competências a serem qualificadas, bem como a possibilidade de participação de um maior número de empresas e profissionais da área de eficiência energética.

Há de ser entender que a eficiência energética responde por benefícios diretos e indiretos nem sempre claros para a sociedade. O conceito mais conhecido – e de fácil comprovação – considera que os investimentos em Eficiência Energética (EE) são sustentáveis sob o ponto de vista ambiental e financeiro, reduzindo emissões e trazendo benefícios financeiros e sociais para os investidores.

Ampla literatura trata desse assunto e vale a pena ser consultada:

- <http://www.procelinfo.com.br/main.asp>
- <http://www.abesco.com.br/pt/>
- <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/eficiencia-energetica/pee>
- <https://www.iea.org/search?q=energy%20savings>

A exposição paralela ao evento trouxe aos congressistas oportunidades de revisão técnica e tecnológica.

Sites das empresas que participaram da exposição com acesso ao material:

- www.acaoengenharia.com.br
- www.qbanho.com.br

- <https://www.higra.com.br/>
- <https://www.alper.com.br/>
- <https://www.giz.de/en/worldwide/12055.html>
- <https://www.eletronorte.com.br/>

Um bom projeto de EE deve sempre contemplar:

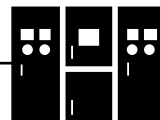
- O protocolo de medição e verificação (M&V), que comprove os ganhos obtidos;
- Renovação das instalações e consequente aumento de confiabilidade;
- Ganhos indiretos interativos;
- Redução de perdas de transmissão e distribuição;
- redução de custos de operação, TCO (custo total da propriedade).

Os bons projetos podem ainda representar aumento da qualidade de energia, economia de água, economia de óleo diesel em geração de emergência e redução das emissões, além de oportunidades de ampliação de sistemas de segurança física e de operação com automação.

Aquelas quase três centenas de profissionais que lá estiveram são testemunhas das boas ideias apresentadas, então, mãos à obra”, meus amigos. Não vamos desperdiçar mais essa oportunidade de avançar com nossos projetos, nossas ideias e sobretudo com nossos ideais.



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



ESG e o futuro dos equipamentos elétricos

Parte 2

Como falamos no artigo desta coluna na edição anterior, no dia 14 de dezembro de 2022, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou a Norma ABNT Prática Recomendada – PR 2030 ESG, com diretrizes que alinham os principais conceitos e princípios ESG, com o objetivo de dar as diretrizes básicas às empresas no processo de incorporação de conceitos e diretrizes na adoção das melhores práticas ambientais, sociais e de governança em seus negócios.

Como proposto pela primeira vez em 2004, a Organização das Nações Unidas (ONU) , juntamente com o Banco Mundial, lançou a iniciativa “Who Cares Wins”, como forma de focar nos principais investidores e analistas na materialidade e interação entre as questões ambientais, sociais e de governança. Os primeiros passos focaram nos princípios para o investimento responsável, ou seja, os grandes investidores institucionais e gestores de recursos é que determinam o caminho em prol de um capitalismo sustentável, consciente e engajado na nova agenda.

Com base nos itens abaixo listados, com 17 objetivos do desenvolvimento sustentável propostos pela ONU em 2015, temos a linha mestra a seguir.

- 1 - Erradicação da pobreza;
- 2 - Fome zero e agricultura sustentável;
- 3 - Saúde e bem estar;
- 4 - Educação de qualidade;
- 5 - Igualdade de gênero;
- 6 - Água potável e saneamento;
- 7 - Energia limpa e acessível;
- 8 - Trabalho decente e crescimento econômico;
- 9 - Indústria, inovação e infraestrutura;
- 10 - Redução das desigualdades;
- 11 - Cidades e comunidades sustentáveis;

- 12 - Consumo e produção responsáveis;
- 13 - Ação contra a mudança global do clima;
- 14 - Vida na água;
- 15 - Vida terrestre;
- 16 - Paz, justiça e instituições eficazes;
- 17 - Parcerias e meios de implementação.

Como visto pontos sublinhados acima, nossa jornada na otimização das instalações elétricas neste contexto, não só, mas especialmente, precisa de atenção especial a esses três objetivos, pois é neles que se concentra nossa expertise de contribuição.

Assim sendo, sempre falando em instalações elétricas, devemos otimizar a gestão de riscos, bem como a conformidade regulatória, focando nas cadeias produtivas e de consumo, criar as vantagens competitivas que viabilizem economicamente as inovações alinhadas com os objetivos sustentáveis e, ao final, com as partes interessadas (Stakeholders) do setor elétrico como um todo, refinando assim o propósito corporativo e elencando as prioridades dessas partes interessadas.

Trocando em miúdos, só existe uma parte interessada: a sociedade. Esta, subdivide-se em população em geral, governo, empresas, etc. Deve partir da sociedade, portanto, a exigência de se modernizar e alinhar os investimentos, novos produtos e serviços com a sustentabilidade das gerações futuras.

Ora, será que a sociedade em geral tem conhecimento capaz de gerar essas exigências? Será que o governo, representantes da sociedade, também têm esse conhecimento? Minha opinião particular é que não, nem os governos nem a sociedade em geral têm condições de, hoje, exigir a mudança de mentalidade ou modo de pensar, capaz

de regular e regulamentar o sistema elétrico nesse sentido. Então, de quem é essa responsabilidade? Acredito que seja dos agentes do setor elétrico.

Nós sabemos que a eletromobilidade traz consigo a responsabilidade sobre as baterias, hoje novas, mas que um dia precisarão ser reutilizadas, reparadas, recicladas, sucateadas. Qual será o destino de tudo isso? Já estamos pensando nisso? Se a resposta for não, agora é a hora.

Sabemos também que a geração de energia elétrica fotovoltaica requer placas solares e inversores. O raciocínio provocado sobre as baterias é a mesma para placas e inversores fotovoltaicos.

Equipamentos elétricos de origem e qualidade duvidosa também são um ponto de atenção. Assim como aqueles carregadores de celulares e cabos que usamos para carregar nossos dispositivos móveis. Esses são comprados aos montes em lojas e “banquinhas” por todo o mundo, mas nós sabemos que duram poucas semanas e depois vão para o lixo, sem a menor cerimônia. Trata-se da mesma coisa. Tantos disjuntores, relés, cabos, entre outros, de baixíssima qualidade são entregues ao mercado aos montes, sem controle da sociedade, e que os nossos profissionais do setor elétrico compram e instalam em busca de um “preço mais baixo, pois o “cliente assim o quer”. É isso que queremos?

É nossa responsabilidade, portanto, vamos pensar nisso.

Repito a provocação da edição anterior: ao final, aquela antiga frase “que vantagem Maria leva escolhendo esse ou aquele?” permanece válida, porém, o que muda completamente é o critério de análise e comparação. É essa discussão que irei continuar na próxima edição. Não perca!

Boa leitura.



*Roberval Bulgarelli é consultor sobre equipamentos e instalações em atmosferas explosivas. Organizador do Livro “O ciclo total de vida dos equipamentos e instalações em atmosferas explosivas”, membro de Comissões de Estudo do Subcomitê SCB 003:031 (Atmosferas explosivas) da ABNT/CB-003 (Eletricidade) e de Grupos de Trabalho do TC 31 (Equipamentos para atmosferas explosivas) e do IECEx (Sistema internacional de certificação “Ex”) da IEC.



Novos requisitos sobre equipamentos intrinsecamente seguros para atmosferas explosivas

Parte 1/2

Foi publicada, em 13/01/2023, a sétima edição da Norma Internacional IEC 60079-11: Explosive atmospheres - Part 11: Equipment protection by intrinsic safety “i” (Atmosferas explosivas – Parte 11: Proteção de equipamentos por segurança intrínseca – Ex “i”).

Este tipo de proteção Ex “i” é aplicável a equipamentos elétricos e eletrônicos cujos circuitos são incapazes, por eles próprios, de causar a ignição de uma atmosfera explosiva que os envolve. A proteção por segurança intrínseca tem como base a limitação dos níveis e energia de um equipamento ou circuito, de forma a não ser capaz a geração de uma centelha ou ponto de alta temperatura que possa provocar a ignição de uma atmosfera explosiva composta por gases inflamáveis ou poeiras combustíveis que possam estar presentes no local da instalação.

A proteção de equipamentos e circuitos por “segurança intrínseca” tem, por objetivo fundamental, evitar a possibilidade de ocorrência de uma ignição em áreas classificadas contendo atmosferas explosivas. Este conceito de segurança por meio da limitação dos níveis de energia com a ocorrência de centelhamento ou de geração de pontos de alta temperatura, reconhecidamente representa uma abordagem mais segura do que uma “provável” ou “eventual” contenção da energia proveniente de uma explosão, como previsto em outros tipos de proteção “Ex”.

Dentre as diversas mudanças técnicas mais significativas desta Edição 7.0 (2023) em relação à Edição 6.0 anterior (2011) podem ser destacadas as seguintes:

- A tensão e a corrente máximas em regime permanente apresentam um risco de ignição por centelha diferente de um transiente. Um transiente é onde qualquer uma destas características (tensão ou corrente) é excedida. Portanto, estados estacionários e transientes necessitam ser considerados separadamente. O Anexo sobre os efeitos “transitórios” foi revisado;
- Quando as distâncias de separação “reduzidas” dependam de um invólucro que

proporcione proteção contra o ingresso de água e poeira IP54, e prensa-cabos, adaptadores de rosca ou elementos de vedação (bujões) sejam necessários para completar o invólucro, de forma a manter o grau de proteção (Código IP). Estes componentes ou equipamentos necessitam estar de acordo também com os requisitos da Norma ABNT NBR IEC 60079-0 (Requisitos gerais para equipamentos “Ex”);

- Um requisito de inspeção de rotina foi adicionado para peças encapsuladas, de modo a assegurar que a aplicação do composto de encapsulamento seja aceitável durante a fabricação;
- Os requisitos de Temperatura de Operação Contínua (COT – Continuous Operating Temperature) representam uma modificação daqueles especificados na Norma ABNT NBR IEC 60079-0. Quando temperaturas superiores à COT são possíveis, não deve haver danos “internos ou externos”, enquanto na Edição 6 (anterior) da IEC 60079-11/2011, o requisito era que não houvesse nenhum dano “visível”;
- Os fusíveis conectados à rede de alimentação podem ter uma capacidade de interrupção inferior a 1 500 A. No entanto, é necessário que os usuários finais e os instaladores sejam informados quando este for o caso. Portanto, é obrigatório incluir o valor da corrente máxima



Figura 1 – Folha de rosto da sétima edição da Norma Internacional IEC 60079-11: Atmosferas explosivas – Parte 11: Proteção de equipamentos por segurança intrínseca – Ex “i”.

de interrupção esperada ou presumida, nas instruções do fabricante para os usuários;

- Foram adicionados requisitos para “supercapacitores”;
- Foram modificados os requisitos sobre vazamento de eletrólitos, ensaios de temperatura de superfície e ensaios sob camada de poeira, para acumuladores, baterias e supercapacitores, aumentando o número de amostras ensaiadas, e definindo a temperatura na qual os ensaios são realizados;

- Foram alterados os ensaios de rotina para transformadores com enrolamentos primário e secundário em um circuito intrinsecamente seguro.

Deve ser ressaltado que em 2013 foi completado o primeiro centenário da criação e do desenvolvimento do “conceito” deste tipo de proteção Ex “i”, decorrente dos estudos e pesquisas subsequentes da explosão de grisu e de poeira de carvão, em uma mina subterrânea, na cidade de Senghenydd, no Reino Unido, em 14/10/1913. Na ocasião, morreram 439 trabalhadores, entre adultos e crianças que trabalhavam no local. O conceito de segurança intrínseca é mais antigo do que geralmente se imagina, sendo que as primeiras certificações ocorreram no ano de 1917, resultados desses estudos e pesquisas.

As pesquisas que foram iniciadas na década de 1910 demonstraram que circuitos elétricos podem ser considerados seguros, quando instalados em locais contendo atmosferas explosivas, desde que com devidos parâmetros de limitação de tensão, corrente, capacitância e indutância. Em condições especificadas, um circuito pode ser considerado “intrinsecamente seguro”, sendo incapaz de gerar uma centelha capaz de provocar a ignição de uma determinada atmosfera explosiva no seu entorno. Nascia, então, há mais de cem anos, o conceito da “segurança intrínseca”, cuja tecnologia de

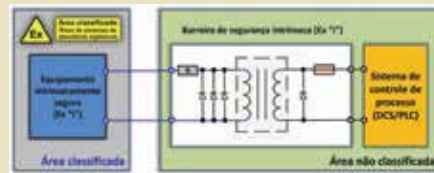


Figura 2 – Representação simplificada de um circuito intrinsecamente seguro, composto por instrumento intrinsecamente seguro, instalado em áreas classificadas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis, barreira de segurança intrínseca e sistema digital de controle, representado por DCS ou PLC.

equipamentos se encontra em processo de grande desenvolvimento.

Um sistema intrinsecamente seguro pode ser definido como aquele que é incapaz de liberar energia, seja na forma elétrica ou térmica, suficiente para provocar a ignição de determinada mistura explosiva que possa estar presente no local. A impossibilidade de ignição deve ser mantida e garantida mesmo em caso de ocorrência de falha ou falhas do sistema.

A barreira de segurança intrínseca [Ex “i”], inserida no circuito intrinsecamente seguro como equipamento associado [Ex “i”], tem por função básica a limitação da energia que pode ser armazenada na parte do circuito de campo, instalado na área classificada, constituído pelo instrumento de campo Ex “i” e pela fiação de interligação entre estes dois equipamentos.



Figura 3 – Exemplo de instalação de equipamentos medidores e de painel local de medição e controle, com proteção por segurança intrínseca, adequado para instalação em áreas classificadas Zona 1 (Ex ib IIC Gb) e Zona 21 (Ex ib IIIC Db).

A energia máxima que pode ser liberada sem comprometer a segurança depende das características da atmosfera explosiva considerada, o que é levado em consideração pelas normas e pelo processo de certificação de equipamentos Ex “i” e associados.

O tipo de proteção Ex “i” proporciona maiores facilidades de serviços de manutenção durante o período de operação da planta. Eles permitem que procedimentos convencionais de instrumentação sejam utilizados sem a necessidade de desligamentos de circuitos ou das necessidades de aplicação de complexos procedimentos de liberação e permissão de trabalho, com base em que as áreas classificadas tenham sido previamente verificadas como estando livres de atmosferas explosivas, formadas por gases inflamáveis ou poeiras combustíveis, no período de execução dos serviços de campo “Ex”.



Figura 4 – Exemplo de painel contendo barreiras de segurança intrínseca (Ex “i”), com isolamento galvânica entre os sinais de campo em áreas classificadas e sinais de interface com sistema de controle, integrados no mesmo armário contendo a CPU e pontos de I/O do DCS (Digital Control System).

Este artigo “Ex” sobre novos requisitos para equipamentos intrinsecamente seguros continua na próxima edição desta Coluna sobre Instalações “Ex” (Parte 2/2), abordando temas como os significativos benefícios proporcionados pela utilização desta técnica de proteção e segurança “Ex” em áreas classificadas, bem como seu desenvolvimento acelerado ao longo do tempo e a evolução da respectiva normalização técnica internacional (IEC) e nacional (ABNT).

BRVAL 21

(21) 3812-3100

www.brval.com.br**Clamper 5**

(31) 3689-9500

www.clamper.com.br**Cobrecom 55**

(11) 2118-3200

www.cobrecom.com.br**Condumax/Incesa 23**

0800 701 3701

www.condumax.com.br**Embrastec 15**

(16) 3103-2021

www.embrastec.com.br**Exponencial 35**

(31) 3317-5150

www.exponencialmg.com.br**Gimi Soluções 2ª capa, 45 e Fascículos**

(11) 2532-9825

www.gimi.com.br**Intelli 4ª capa**

(16) 3820-1500

www.grupointelli.com.br**Itaipu Transformadores 25**

(16) 3263-9400

www.itaiputransformadores.com.br**Minuzzi 61**

(19) 3272-6380

www.minuzzi.ind.br**Paratec 7**

(11) 3641-9063

www.paratec.com.br**Pextron 17**

(11) 5094-3200

www.pextron.com**Romagnole 57**

(44) 3233-8500

www.romagnole.com.br**Sil 49**

(11) 3377-3333

www.sil.com.br**Trael 3ª capa**

(65) 3611-6500

www.trael.com.br**Varixx 19**

(19) 3301-6902

www.varixx.com.br

TRANSFORMANDO ENERGIA EM DESENVOLVIMENTO.



TRANSFORMADORES PARA APLICAÇÃO SOLAR

Transformadores nas potências de 500kVA até 2.500kVA, nas classes de tensão até 36,2kV.



www.trael.com.br

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



CS COPPERSTEEL®

ÁÇO REVESTIDO DE COBRE

A MELHOR ESCOLHA PARA ATERRAMENTO



	COBRE	ÁÇO ZINCADO	ÁÇO REVESTIDO DE COBRE
MESMOS CONECTORES DOS SISTEMAS DE COBRE	✓	✗	✓
VIDA ÚTIL ESTIMADA DE 40 ANOS	✓	✗	✓
ALTA RESISTÊNCIA MECÂNICA E TÉRMICA	✗	✓	✓
DESESTIMULA O FURTO (ESTOQUE, TRANSPORTE E APLICADO)	✗	✓	✓
GARANTIA DE PUREZA E DE BITOLA	✗	✗	✓
VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA	✗	✗	✓



UM UNIVERSO DE CONHECIMENTO **GRATUITO**
NA PALMA DA SUA MÃO



GRUPO
INTELLI



INSCREVA-SE AGORA!

LP.GRUPOINTELLI.COM.BR/CLUBEDOEELETRICISTA

Siga-nos nas redes sociais.



GRUPO
INTELLI

WWW.GRUPOINTELLI.COM.BR