



**Grupo de Estudo de Transformadores, Reatores, Materiais e Tecnologias Emergentes-GTM**

**REQUISITOS TÉCNICOS E MELHORES PRÁTICAS PARA ESPECIFICAÇÃO DE TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA E REATORES DE DERIVAÇÃO - GT A2 09**

**JANAINA GOMES DA COSTA(1); ALAN SBRAVATI(2); ALEXANDRE GONÇALVES LEITE(3); JULIANO RICARDO DA SILVA(3); ROSANA ISHII(4); MARCOS CZERNORUCKI(5); ROBERTO ASANO JUNIOR(6); HAMILTON BATISTA DE OLIVEIRA(7); IRAN PRADO ARANTES(8); GILBERTO AMORIM MOURA(9); CEMIG**

**GT(1); CARGILL(2); ITAIPU(3); Consultor(4); ABB(5); UFABC(6); FURNAS(7); ELETRONORTE(8); Treetech(9);**

**RESUMO**

Entre os princípios do modelo aplicado ao setor elétrico brasileiro estão a modicidade tarifária e a garantia de segurança do fornecimento de energia elétrica. Ambos os princípios são fundamentais e o equilíbrio entre eles depende do avanço na definição dos requisitos técnicos dos equipamentos e sistemas utilizados em nosso país. Tendo como objetivo o incentivo a livre concorrência, os editais de licitações do setor se limitam aos requisitos funcionais mínimos e aos procedimentos de rede. Porém, dada a grande complexidade do sistema elétrico brasileiro, incluindo o Sistema Interligado Nacional (SIN), são necessários aprofundamentos nos requisitos técnicos, de confiabilidade e disponibilidade. Em relação aos transformadores, elementos de elevado custo e responsabilidade para o sistema, os elevados níveis de concorrência dos empreendimentos, podem levar a reduções nas exigências aplicadas nas especificações técnicas dos transformadores, buscando-se o menor custo para o equipamento. Entretanto, o princípio da modicidade tarifária deve ser equilibrado com a garantia de segurança do fornecimento, que depende de equipamentos confiáveis e com elevados padrões de qualidade. Assim o equilíbrio entre tais princípios depende de aprimoramentos e aprofundamentos nos requisitos das especificações técnicas para os equipamentos.

Neste contexto, o Grupo de Trabalho (GT) A2.09 foi formado com o objetivo de reunir em um documento requisitos de especificação, tendo como base brochuras técnicas nacionais (1), (2) e internacionais do Cigré (3), (4), bem como realizar a análise de diferentes aspectos incorporados às especificações técnicas de empresas tradicionais de nosso país, normas técnicas nacionais e internacionais e novas metodologias e soluções que favoreçam a conciliação entre custos competitivos, qualidade e confiabilidade a longo prazo, aplicáveis para os transformadores do SIN (Sistema Integrado Nacional).

**PALAVRAS-CHAVE**

Transformador, Reator, Melhores Práticas, Especificação.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

O objetivo do trabalho do GT A2 09 é ser um documento de referência e apoio quando da elaboração de especificações técnicas de transformadores de potência e reatores de derivação, visando critérios de qualidade e engenharia relevantes para a vida útil dos equipamentos e minimização das intervenções de manutenção. A brochura técnica incluirá sugestões e alternativas para os principais itens da especificação técnica e melhores práticas de engenharia utilizadas pelas principais concessionárias e fabricantes no mercado brasileiro. Este trabalho abrange os transformadores e reatores a serem instalados e operados no SIN, diversas vezes com abordagens do tipo “custo-benefício” e recomendações, oferecendo subsídios e embasamento para os participantes do mercado buscarem o equilíbrio entre as visões de minimização dos custos iniciais e de



implantação (curto prazo) com a necessária segurança e confiabilidade do SIN (perspectiva de longo prazo).

O resultado final deste GT será a publicação de uma brochura técnica pensada para servir como documento de apoio para a elaboração das especificações técnicas para a aquisição de novos equipamentos, tanto para empreendimentos privados quanto para equipamentos instalados em regime de autorização ou leilões. Este GT tem contado com a participação de representantes dos mais relevantes setores: órgãos reguladores, agentes de geração e transmissão, representantes da academia e fabricantes de transformadores.

Os trabalhos levam em consideração os princípios pilares do modelo regulatório brasileiro, incluindo o livre acesso, e o princípio da modicidade tarifária – a garantia de que a expansão do sistema possa ser feita com base em custo mínimo, com tarifa módica. Para tanto, é fundamental que qualquer novo elemento a ser inserido no sistema tenha qualidade, confiabilidade e desempenho satisfatórios e compatíveis com os pressupostos do planejamento da expansão e com o sistema em que será inserido, sem excessiva oneração do sistema.

Deve se destacar que a especificação técnica de um equipamento também deve levar em conta a cultura da empresa, considerando os aspectos operativos e de manutenção. Assim para diversos requisitos a brochura técnica apresentará vantagens e desvantagens de diferentes soluções, cabendo à decisão ao agente representante dos interesses de cada licitante. Desta forma, este informe técnico apresenta as justificativas que levaram o Cigré-Brasil a apoiar a criação deste GT, seus objetivos, os avanços ocorridos até o momento e a expectativa de trabalhos futuros e desdobramentos.

## 2.0 - JUSTIFICATIVA

Para os equipamentos de transmissão conectados ao SIN, os requisitos funcionais estabelecidos nos documentos técnicos de outorga (anexos técnicos gerais e específicos dos editais de leilão e resoluções autorizativas) e nos procedimentos de rede consolidam o atendimento à função prevista no planejamento da expansão.

Desde que atendidos os requisitos funcionais, a especificação para dimensionamento e fabricação de equipamento a ser adquirido pela concessionária transmissora de energia, é prerrogativa desta garantir que o que foi acordado com o Operador Nacional do Sistema (ONS) no que se refere às condições de operação seja válido para toda a vida útil do equipamento. Entende-se por requisito funcional o conjunto de informações que permite à concessionária do serviço de transmissão (proponente ao edital de leilão ou transmissora à qual será feita a autorização de instalação) avaliar o modo ou modos de operação sob os quais o equipamento em questão será solicitado a operar ao longo de sua vida útil. A concessionária deve garantir que, nas situações pactuadas entre ela e o ONS, o equipamento esteja apto a operar como previamente acordado.

Enquanto que o compromisso entre a concessionária transmissora e o ONS, quanto ao desempenho em conformidade com os requisitos funcionais, perdura ao longo de toda a vida útil do equipamento, o relacionamento entre a concessionária transmissora e o fabricante se extingue formal e contratualmente ao final do período de garantia. Por conseguinte, é interesse de todos os envolvidos no processo – ONS, concessionária e fabricante – que não restem dúvidas quanto às condições a que o equipamento poderá vir a ser submetido ao longo de sua vida útil. É também conveniente que a experiência acumulada no setor seja aproveitada e compartilhada, o que pode ser obtido com a incorporação de requisitos técnicos complementares aos requisitos funcionais.

A decisão por níveis superiores de qualidade e confiabilidade é prerrogativa da concessionária do serviço, com base em estudos econômicos que levem em conta o custo de investimento e da PV (parcela variável) e em função de seu nível de aversão a risco. Entretanto, a inclusão de requisitos técnicos complementares pondera o risco possível de ser assumido por uma transmissora em particular, na medida que esse risco pode afetar também os usuários finais e, em última análise, a sociedade como um todo.

Da mesma forma, aspectos relacionados estritamente ao negócio da transmissora – rotinas de manutenção, monitoração etc. – encontram-se dentro da esfera de decisão da empresa concessionária. Com isso, pode haver, e há, diferentes especificações para dimensionamento e fabricação de equipamentos, elaboradas até mesmo por uma mesma concessionária, dependendo de diferentes estratégias de negócio.



Se, por um lado, essa diversidade pode ter, por parte da concessionária, o objetivo de redução de custo, e, por parte do sistema, a motivação da modicidade tarifária, representa também um grau adicional de risco, dado que conviverão dentro do mesmo sistema equipamentos de diferentes níveis de confiabilidade, sem que o aumento de confiabilidade, resultado de diferentes estratégias de negócio das empresas envolvidas, possa ser pelo menos parcialmente capturado e apropriado pelo sistema.

Ao longo dos últimos anos, tem-se observado que as transmissoras têm repassado aos fabricantes os requisitos funcionais mínimos constantes dos anexos técnicos dos editais de leilão e dos procedimentos de rede como especificação para dimensionamento e fabricação, sem agregar sua experiência. Esse fato pode ser atribuído a um ambiente altamente competitivo e de alto deságio, além do curto prazo para a elaboração de especificação para fabricação.

Em resposta a essa realidade, tem-se observado o paulatino enriquecimento dos requisitos funcionais constantes no documento de outorga (que regulam o relacionamento contratual entre a transmissora e o ONS), no sentido de incluir requisitos complementares mais afinados com o tom de uma especificação formal para fabricação (que regulam o relacionamento contratual entre a transmissora e o fabricante). Adicionalmente, percebe-se uma otimização dos recursos humanos voltados para áreas especializadas nas empresas nos diversos setores que envolvem o setor elétrico. A engenharia especializada e dedicada que vigorou na concepção do setor elétrico está perdendo espaço.

Nesse sentido, é oportuna a proposição de requisitos técnicos complementares aos requisitos funcionais de transformadores e reatores, com o intuito de criar uma literatura a qual contemple a prática e demanda do complexo setor elétrico brasileiro.

### 3.0 - ESTRUTURA DA BROCHURA TÉCNICA

A Brochura técnica contará com 16 capítulos, conforme relacionado abaixo, visando subsidiar técnicos e engenheiros com informações adicionais e melhores práticas para redigir uma especificação técnica. O objetivo não será o de substituir o uso de normas técnicas, mas sim, oferecer informações adquiridas com a prática para somar aos requisitos normativos.

- Capítulo 1. Escopo e Normas Técnicas
- Capítulo 2. Condições Operativas do Sistema
  - Capítulo 2.1. Descrição Geral da Rede
  - Capítulo 2.2. Coordenação de Isolamento
  - Capítulo 2.3. Exigências para Suportabilidade a Curtos-Circuitos
  - Capítulo 2.4. Sobre-Excitação
  - Capítulo 2.5. Magnetização
  - Capítulo 2.6. Harmônicos
  - Capítulo 2.7. Condições de Carregamento e Sobrecarga
  - Capítulo 2.8. Carregamento do Neutro
- Capítulo 3. Características da Instalação
- Capítulo 4. Documentação Contratual
- Capítulo 5. Perdas e Eficiência Energética
- Capítulo 6. Considerações Ambientais
- Capítulo 7. Sistemas de Segurança do Trabalho
- Capítulo 8. Requisitos Técnicos
  - Capítulo 8.1. Condições Normais e Anormais de Operação
  - Capítulo 8.2. Requisitos para o Projeto
  - Capítulo 8.3. Núcleo
  - Capítulo 8.4. Projeto Mecânico Externo (Tanque)
  - Capítulo 8.5. Buchas
  - Capítulo 8.6. Equipamentos Auxiliares
  - Capítulo 8.7. Comutadores
  - Capítulo 8.8. Monitoramento
  - Capítulo 8.9. Intercambiabilidade
  - Capítulo 8.10. Materiais isolantes



- Capítulo 9. Garantias contratuais e Penalidades
- Capítulo 10. Gerenciamento da Qualidade
- Capítulo 11. Ensaio de Aceitação e Inspeção de fabricação
- Capítulo 12. Transporte, Montagem e Comissionamento
- Capítulo 13. Design Reviews
- Capítulo 14. Acessibilidade e Facilidades para Manutenção
- Capítulo 15. Sobressalentes
- Capítulo 16. Bibliografia e Referências

#### 4.0 - TEXTOS FINALIZADOS

Os seguintes subitens apresentam os assuntos já finalizados e em fase final de conclusão, conforme descrito a seguir.

##### 4.1 Acessibilidade e Facilidade para Manutenção

A motivação deste trabalho, como já dito, é de reunir em uma única brochura técnica as melhores práticas de especificação técnica de transformadores de potência e reatores de derivação, sugerindo ao especificador algumas informações pormenorizadas que por vezes passam despercebidas, deixando à cargo do fabricante a decisão da utilização ou não de acessórios e dispositivos que às vezes dificultam o acesso e a manutenibilidade do equipamento.

Portanto, nesta brochura técnica foi criado um capítulo que trata de características de construção do equipamento e de alguns dispositivos que promovam melhorias quanto à acessibilidade, ergonomia e a segurança dos mantenedores durante as intervenções de manutenção no decorrer da vida operacional do equipamento. Tais especificações ajudam a reduzir o MTTR (do inglês Mean Time To Repair), aumenta a disponibilidade do equipamento, mitigam cobranças de PV e colaboram com a saúde do trabalhador. A seguir, estão listadas as ações e acessórios tratados no trabalho e que se recomenda constar em uma especificação técnica:

- Dispositivos anti-queda:
  - Linha de Vida;
  - Ponto de ancoragem;
  - Guarda-corpo;
  - Poste telescópico;
- Características construtivas para facilitar inspeção interna do transformador;
- Padronização e intercambiabilidade para facilitar troca de buchas;
- Circuitos auxiliares para acessórios de proteção e controle;
- Escadas de acesso.

##### 4.2 Buchas

A bucha é um dos componentes mais críticos a ser instalado nos transformadores de potência, dada sua compactação e os requisitos de alta tensão aos quais é submetida. A bucha é um componente desenvolvido para possibilitar de forma econômica o acesso externo à parte ativa que se encontra interna ao tanque. Assim, é a bucha que viabiliza a passagem do condutor elétrico através do tanque ou tampa do transformador (imerso em óleo) sem que ocorra descarga entre este condutor potencializado e o tanque ou tampa que geralmente são aterrados.

A brochura técnica trata este componente de maneira tutorial, esclarecendo detalhes de suas diversas características, motivações para especificação de cada uma delas e recomendações práticas da indústria e das concessionárias transmissoras e distribuidoras de energia.

##### 4.3 Condições de Carregamento

Neste tópico são definidos carregamento em condição normal de operação, emergência de longa duração e emergência de curta duração, segundo a norma ABNT NBR 5356-7, em termos de duração e limites de elevação



de temperatura do topo do óleo, ponto mais quente dos enrolamentos e outras partes metálicas em contato ou não com o isolamento de celulose. Como tais limites diferem para aplicação do transformador em líquido isolante mineral e vegetal, o item fornece uma tabela detalhada destes limites de temperatura para cada classificação de carregamento e de líquido isolante. É definido também que os acessórios e componentes devem ser dimensionados para suportar as mesmas condições de carregamento do transformador.

São abordados também requisitos especiais para transformadores conectados à Rede Básica do SIN, conforme Nota Técnica NT-038 do ONS - “Ensaio de elevação de temperatura de transformadores em sobrecarga”. Tais transformadores deverão ser projetados e testados de modo a comprovar sua suportabilidade ao regime de sobrecarga imposto pela referida NT.

Transformadores providos de enrolamento terciário podem operar com cargas simultaneas em todos os enrolamentos, com o intuito de alimentar cargas auxiliares ou compensar o fator de potência da rede. Para o correto dimensionamento do transformador na fase de projeto, devem ser definidos na documentação técnica a potência aparente em MVA, o fator de potência ( $\cos\phi$ ) e a natureza da carga (indutiva ou capacitiva) em cada enrolamento.

Por fim é definida correção da elevação de temperatura de topo do óleo e média dos enrolamentos quando a temperatura ambiente for superior aos limites de referência. Com a diversidade de realidades ambientais no país, é fundamental que seja definido um método de correção para o correto dimensionamento e funcionamento do equipamento na região de sua instalação, relativamente às temperaturas máxima e média ambiente.

#### 4.4 Exigências para suportabilidade a Curtos-Circuitos

Com a ampliação do sistema elétrico nacional, a tendência é que a rede se torne cada vez mais forte quanto ao requisito de curto circuito. Isso significa dizer que a contribuição do sistema de geração para alimentação de um curto circuito é cada vez mais intensa, chegando ao limite em que apenas a impedância do transformador é quem limita as correntes de curto durante a falta. Essa já é uma realidade em muitos sistemas na América do Norte e tal requisito deve ser claramente especificado na documentação técnica.

O item da brochura técnica em referência apresenta três opções a serem definidas quando da confecção das especificações técnicas. São elas: seguir as potências de curto circuito definidas na norma ABNT NBR 5356-5, informar a potência aparente de curto-circuito com base nos estudos do sistema elétrico na região da instalação e considerar barra infinita nos terminais do transformador, conforme descrito no parágrafo anterior. No caso de se fornecer a potência aparente de curto-circuito, deve-se informar os níveis simétrico, com duração de dois segundos, e assimétrico.

A brochura também apresenta a importância da realização de ensaio de curto-circuito, principalmente em equipamentos cujo desempenho em curto seja fundamental para sua aplicação, como no caso de transformadores de aterramento. Porém a real necessidade de realização do mesmo deve ser avaliada prudentemente pelo comprador, devido ao seu custo extremamente elevado, uma vez que se faz necessário o transporte do equipamento a um laboratório credenciado, que dependendo do porte do transformador, é apenas encontrado em outros países. Quando o ensaio de curto-circuito não é possível de ser realizado, o comprador poderá solicitar ao fabricante comprovação da suportabilidade a esforços mecânicos e térmicos por meio de memórias de cálculo, utilizando softwares de elementos finitos, conforme critérios definidos na norma ABNT NBR 5356-5.

Por fim é citada a possibilidade remota, mas que pode levar transformadores geradores à falha, devido a esforços internos não previstos em projeto, resultantes a sincronismo fora de fase. Esse fenômeno pode acarretar em esforços elevados, mesmo que as correntes resultantes sejam inferiores às calculadas no dimensionamento do transformador a curto-circuito.

#### 4.5 Materiais Isolantes

Transformadores desenvolvem elevadas tensões internas entre partes condutoras e, para controlar os gradientes de campo elétrico e evitar curto-circuito interno ao longo da vida útil do equipamento, diferentes materiais isolantes foram desenvolvidos e utilizados para isolamento elétrico. A brochura traz assim um histórico

introdutório da evolução destes materiais e apresenta os mais recentes desenvolvimentos em materiais isolantes líquidos e sólidos com suas combinações mais comumente utilizadas em transformadores.

Conhecer o potencial dos materiais e como especificá-los corretamente permite construir transformadores com custos otimizados para cada aplicação e também assegurar a confiabilidade e durabilidade do equipamento. Uma vez que, dada a complexidade da substituição do material isolante sólido, este normalmente limita a vida útil do equipamento.

#### 4.6 Núcleo

O núcleo magnético é um dos principais componentes da parte ativa do transformador e o seu pleno funcionamento é fundamental para garantir a confiabilidade do sistema. É constituído por material ferromagnético que tem na sua composição o silício, proporcionando características excelentes de magnetização e de perdas. Além do tipo de material ferromagnético empregado, há outros requisitos como formas construtivas, detalhes de aterramento, limites de temperatura, características dos materiais isolantes que devem ser especificados, e o guia irá contribuir para que os usuários, mesmo sem possuir conhecimento aprofundado de transformadores ou reatores, sejam capazes de especificar os requisitos mínimos construtivos do núcleo.

#### 4.7 Monitoramento

Este capítulo orienta a especificação da tecnologia de sistemas de Monitoramento On-Line Contínuo em transformadores e reatores, dada a prática crescente entre as concessionárias de adquiri-los em conjunto com o transformador. Entre as justificativas para o uso de tais sistemas estão: o aumento da confiabilidade e disponibilidade, migração da política de manutenção preventiva para preditiva e ainda o diagnóstico precoce de defeitos.

Baseado na avaliação do desempenho de transformadores e reatores no sistema elétrico brasileiro, estudado pelo GT A2-02 (2), foram indicados os subsistemas mais susceptíveis a falhas, a saber: Buchas, Parte ativa e Comutador Sob Carga. Para tais componentes, juntamente com o óleo e os sistemas de preservação do óleo e de resfriamento, foram sugeridos sensores, IEDs e grandezas a serem acompanhadas pelo monitoramento on-line contínuo. A escolha da arquitetura para os sensores e IEDs, entre as alternativas centralizada e descentralizada, é o primeiro passo para a especificação de um sistema de monitoramento.

Uma contribuição importante deste capítulo foi destacar os “Requisitos para preparação do transformador para posterior implantação de sistema de monitoramento”, dando à concessionária a opção pela instalação futura da tecnologia, sem intervenções maiores no transformador em serviço. Essa opção também colabora com as concessionárias que já possuem um software corporativo implantado e apenas requerem que os sensores pré-instalados nos novos transformadores sejam integrados à solução corporativa.

#### 4.8 Ensaio

Em todas as especificações para aquisição de reatores e transformadores de potência, o item que trata sobre os ensaios de aceitação, deve ser considerado como um dos mais importantes, pois é nesta etapa que o projeto do equipamento será validado diante de condições extremas simuladas em laboratório, a qual o mesmo poderá ser submetido, quando, em campo, estiver conectado ao Sistema Interligado Nacional (SIN).

Desta forma, o capítulo que aborda este tema na brochura técnica, tem como objetivo principal indicar aos responsáveis técnicos pela elaboração das especificações de reatores e transformadores de potência, quais são os ensaios necessários para a correta avaliação destes equipamentos, levando em consideração os requisitos indicados nas normas nacionais, internacionais e melhores práticas adotadas pelas principais concessionárias de geração e transmissão do país, bem como fabricantes de equipamentos, pesquisadores, órgãos reguladores e consultores sobre o assunto.

Neste capítulo o GT A2.09 aborda basicamente todos os ensaios de rotina, tipo e especiais indicados para reatores e transformadores de potência. Para cada ensaio foi feita uma explanação básica, sempre referenciada a norma ABNT 5356 e quando aplicável as práticas e experiências do grupo foram incluídas, a fim de que o responsável técnico pela especificação possa avaliar melhor o custo x benefício, principalmente com relação a



especificação dos ensaios de tipo e/ou especiais.

Este capítulo também aborda as particularidades sobre “Ensaio Especiais Não Normatizados”, aplicados a transformadores submetidos a “Transientes de Manobra não Convencionais” ou “Transientes de Frente Rápida” (Very Fast Transients – VFT). Nestes casos os procedimentos para a execução destes ensaios, bem como os custos envolvidos devem receber especial atenção, tanto pelo comprador quanto pelos fabricantes, uma vez que nem sempre, os laboratórios de ensaios dos fabricantes irão possuir equipamentos/recursos capazes de simular as características destes transientes.

#### 5.0 - DESAFIOS, ESTAGIO DOS TRABALHOS E PREVISÃO DE CONCLUSÃO

Uma vez que trata-se de um assunto que demanda conhecimento de diversas etapas da concepção de um transformador ou reator torna-se um grande desafio a elaboração de um documento completo em um prazo reduzido considerando a complexidade e a reduzida disponibilidade dos profissionais envolvidos com este trabalho.

Apesar da brochura ter um caráter orientativo e não normativo, tem-se tomado o cuidado de apresentar vantagens e desvantagens de alternativas, evitando assim o direcionamento de requisitos, deixando para o leitor da brochura a sua decisão final pela opção do requisito a ser especificado.

Na sequência serão apresentados os assuntos que atualmente estão sendo discutidos pelo grupo bem como os que precisam ser iniciados.

Em 2019 são previstas outras 2 reuniões para concluir a coleta de material e revisar o texto final. A expectativa de conclusão das atividades do GT e a publicação da brochura deve ocorrer até o final de 2020.

#### 6.0 - REUNIÕES E EQUIPE DE TRABALHO

A dinâmica dos trabalhos prevê a elaboração dos textos antes das reuniões e as discussões e fechamento dos textos durante as presenciais. Anualmente estão programadas 4 reuniões.

O grupo de trabalho realizou 11 reuniões presenciais até maio de 2019. A primeira reunião foi em dezembro/2016 e contou com 23 participantes. Em média as reuniões contaram com a participação de 18 profissionais de diferentes setores, sendo:

Ademir Alves de Melo - Treetech  
Adinã Martins Pena - Cemig GT  
Alan Sbravati - Cargill  
Alexandre G. Leite - Itaipu Binacional  
Amanda Matos - Dupont  
André Castro - MR  
Angélica Rocha - ATG  
Carlos Guilherme - CTEEP  
Cleber A. Amorim Junior - TSEA  
Clovis José da Silva - Eletrobrás  
Costabile di Sessa - Cemig GT  
Darcisio Sardagna - Cargill  
Delmo de Macedo Correia - ONS  
Durvaldo Gonçalves - CTEEP  
Edney Medeiros - Electron  
Edson Mitsuo Fucuda - Huaming  
Emanuel Assé da Silva - TSEA  
Fabiano Asano - MR  
Fernando César B. Farias - Itaipu Binacional  
Filipe Aristides Madeira - MR  
Fredy Takao Aoyagui - Trael  
Gilberto Amorim Moura - Treetech



Gilberto dos S. Tavares - Nova Trafo  
Gilson Machado Bastos – Furnas/Cigré  
Hamilton Batista de Oliveira - Furnas  
Iran Prado Arantes - Eletronorte  
Ito Capinos - GE  
Jaime Suñé – PTI/Lasse  
Jamerson Araújo - Taesa  
Janaina Gomes da Costa - Cemig GT  
Jeferson - Furnas  
Juliano Montanha - Siemens  
Juliano Ricardo da Silva - Itaipu Binacional  
Júlio de Aguiar - Eletrobrás  
Leonardo Galhardo - Dupont  
Lucas A. Baliza - 3M  
Lucas de Oliveira - Cargill  
Lucas Pavan Fritoli - Treotech  
Lúcio Urzedo - ABB  
Marcos Carreras - GE  
Marcos Czernorucki - ABB  
Orlete Nogarolli – Copel/Consultor  
Oscar Okiyama - MR  
Paulo Miazzo - Electron  
Paulo Roberto Costa Silva - Puc MG / Cigré  
Paulo Sérgio Silva - Cemig D  
Rafael Caetano - TSEA  
Rafael Monteiro da Cruz Silva - Eletrobrás  
Renato Takegawa - ABB  
Renato Tanasovici - MR  
Ricardo André - Furnas  
Roberto Asano Junior – Universidade Federal do ABC  
Roberto Ignacio da Silva - Cargill  
Rodrigo Gatti - GE  
Rogério Peres Bersi - Weg  
Rosana T. Ishii - Nova Trafo  
Thomas Rejk Matsumoto - ABB  
Tiago Bandeira Marchesan - Universidade Federal de Santa Maria  
Tiago Bertran - Siemens  
Vagner Vasconcellos - CPFL  
Vinicius M R Selis - CTEEP  
Wilson Jorge França - Taesa  
Yoshio Nomi - ABB

## 7.0 - CONCLUSÃO

Após 10 reuniões ao longo de 2,5 anos, as atividades do GT já se encontram bastante avançadas e vários capítulos foram elaborados e revisados pelos especialistas da indústria, incluindo usuários, fabricantes, consultores e academia além de representantes do operador do sistema. O documento que está sendo preparado, reúne não só os conceitos fundamentais para especificação, como também a experiência prática de diversas empresas e as lições aprendidas operando o sistema brasileiro.

Neste artigo, foi apresentado o histórico e a motivação para a criação do GT. Junto com o capítulo dedicado à estrutura da brochura técnica foram apresentados os destaques de cada ponto e, finalmente, foram apresentados os desafios e os próximos passos. Desafios que apenas serão vencidos com a colaboração dos voluntários com experiência nas diversas fases do ciclo de vida do equipamento e das diferentes práticas de uso.





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

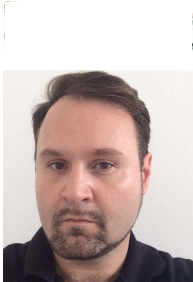
4440  
GTM/11

10 a 13 de novembro de 2019  
Belo Horizonte - MG

## 8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Grupo de Trabalho Conjunto B3/B5/A2, Brochura Técnica 005: GUIA DE MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE. Dezembro, 2007.
- (2) Grupo de Trabalho A2-02, Brochura Técnica 016: AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA E REATORES NO SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO. Novembro, 2013.
- (3) Working Group A2.36, Brochure 528: GUIDE FOR PREPARATION OF SPECIFICATIOS FOR POWER TRANSFORMERS. April, 2013.
- (4) Working Group A2.36, Brochure 529: GUIDELINES FOR CONDUCTING DESIGN REVIEWS FOR POWER TRANSFORMES. April, 2013.

## 9.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Janaina Gomes da Costa – janaina.costa@cemig.com.br

Mestrado (2003) e graduação (2000) em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC MINAS).

Atua na gerência de Estudos de Viabilidade de Expansão de Geração, Transmissão e de Fontes Alternativas da CEMIG GT, desde 2007, como engenheira de projetos na coordenação da equipe de especificação de equipamentos da expansão da transmissão. Atua também como professora do curso de Engenharia Elétrica, desde 2005, na PUC MINAS. Participa ativamente de comitês da ABNT (CB-03) e Cigré-Brasil (A2).

Alan Sbravati – alan\_sbravati@cargill.com

Graduado em Engenharia Mecânica pela Unicamp (2001) e contando com um mestrado em projeto mecânico incompleto, um MBA em gerenciamento pela FGV e um mestrado em gerenciamento de projetos pela ILEDE / Universidade de Pittsburgh, ele começou sua carreira trabalhando com projeto e desenvolvimento de ferramentas de cálculo para transformadores de potência. Acumulou experiência em diversas áreas relacionadas aos materiais soluções usadas para transformadores, foi coordenador da comissão de estudos 14.01 da ABNT, participa de grupos de trabalhos do Cigré e é membro ativo do comitê de transformadores da IEEE. Atualmente ocupa o cargo de gerente técnico global para a divisão de fluidos isolantes da Cargill.



Gilberto Amorim Moura - gilberto.amorim@treotech.com.br

Matemático pela Univ. Federal do Espírito Santo (UFES-1998), complementou a formação com estudos de Proteção de Sistemas Elétricos de Potência pela UNIFEI (CEPSE 2010).

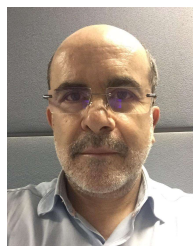
Colaborador na Treotech com 19 anos de trabalhos no setor elétrico; participando em importantes projetos de sistemas de gestão e diagnóstico on-line de ativos de subestações elétricas, colaborando em trabalhos do Comitê de Transformadores A2 do Cigré, como a brochura Guia de Manutenção de Transformadores e Reatores (2013) e vários artigos publicados sobre modernização de subestações e ativos de alta tensão, como transformadores, reatores, disjuntores e seccionadores de AT. Integrou a Comissão de Estudos Especial de Gestão de Ativos que trabalhou para publicação no Brasil das Normas ISO 55000, 55001 e 55002.



Hamilton Batista de Oliveira - hbo@furnas.com.br

Graduação em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG) em 2002; Pós Graduação Latu-Sensu em Manutenção de Sistemas Elétricos pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) em 2011; Atuou na empresa Toshiba do Brasil S.A, de 1995 a 2004, na área de controle de qualidade e ensaios elétricos em transformadores de potência e reatores. Desde nov/2004 trabalha na empresa FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS como engenheiro especialista em ensaios de equipamentos de transformação (2004 a 2013),

atualmente gerência a Divisão de Ensaios e Apoio à Manutenção (DEAM.O). Foi autor e co-autor de trabalhos relacionados a ensaios elétricos para detecção de descargas parciais em para-raios e TCs instalados e em operação nas subestações e usinas do sistema FURNAS.



Iran Prado Arantes - iran.arantes@eletronorte.gov.br

Nascido em Ituiutaba-MG, em 27 de junho de 1955, graduado em Engenharia Elétrica em 1986, pela Faculdade de Engenharia de Ituiutaba. Trabalhou na empresa CELG – Centrais Elétricas de Goiás S.A, de 1977 a 1988 na área de manutenção de subestações. Trabalha na Eletronorte – Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A., desde 1988, onde atuou como engenheiro de manutenção de subestações até 2004, e desde então é engenheiro de projeto e construção de subestação, responsável por transformadores e reatores. Participa do Comitê Brasileiro de Eletricidade-Cobei e do Cigré.



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

4440  
GTM/11

10 a 13 de novembro de 2019  
Belo Horizonte - MG

Alexandre Gonçalves Leite - alexle@itaipu.gov.br

Graduado em Engenharia Elétrica (PUC-MG - 2001). Especialista em: Sistema Elétrico de Potência (UNIFEI - 2004), Automação, Controle e Supervisão do Processo Elétrico baseado na Norma IEC 61850 (UNIOESTE - 2010) e Gerência de Manutenção (UTFPR - 2019);

Trabalhou de 2000 à 2002 na Comau do Brasil como tecnólogo especializado. Trabalhou de 2013 à 2016 como professor e coordenador do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário UDC. Desde 2002 atua como engenheiro na Itaipu Binacional nas áreas de Estudos Elétricos e Normas e Engenharia de Manutenção de equipamentos de alta tensão. Publicou e apresentou oito Trabalhos Técnicos em seminários como SNPTEE, STPC, ERIAC e SESEP.

Juliano Ricardo da Silva - jrsilva@itaipu.gov.br

Doutorado em engenharia elétrica em 2015 pela UFSC e Graduação em engenharia elétrica em 2002 pela UNIOESTE.

Desde 2007 atua como engenheiro na Usina Hidrelétrica Itaipu Binacional, responsável pela especificação de Transformadores e equipamentos de Alta Tensão. É professor universitário em duas instituições, UNIOESTE e Centro Universitário UDC. Desde 2018 é coordenador do grupo nacional de revisão da norma de Transformadores de Potência da ABNT (CE 014:001).

Marcos Veloso Czernorucki - marcos.czernorucki@br.abb.com

Graduação e Mestrado concluídos na Escola Politécnica da USP, respectivamente nos anos de 2001 e 2008.

Atuando como especialista em projeto de transformadores, trabalhando na ABB Ltda desde o ano de 2000. Foi autor de publicações envolvendo modelamento de transformadores de potência, ensaio de Very Fast Transient Overvoltages (VFTO), projeto de transformadores defasadores, para compensação reativa (VSCs) e para transmissão em corrente contínua (HVDC). Foi responsável pelos projetos dos transformadores conversores do Rio Madeira e Belo Monte, bem como projetos do transformador defasador para Várzea Grande e transformadores industriais para forno a arco e instalações retificadoras.

Rosana Tikako Ishii - rosana.ishii@novatrafo.com.br

Engenharia Elétrica em 1998 - Universidade Mackenzie, MBA em gestão empresarial em 2015 - Fundação Getúlio Vargas; Cursando Mestrado na Universidade USP-São Carlos

De 1999 e 2013 atuou como Engenheira de Projetos Elétricos de transformadores de potência e reatores nas empresas ABB, Siemens e GE, de 2013 a 2015 foi coordenadora de engenharia de reparos na ABB e de 2015 até o momento se tornou sócia proprietária da empresa Nova Trafo Consultoria especializada em Transformadores de potência e reatores de derivação. Membro do grupo Cigre GT A2-09 Requisitos Técnicos e Melhores Práticas para Especificação de transformadores de potência e reatores de derivação. Atua também como pesquisadora em projeto de P&D, mais especificamente como especialista de transformadores, na empresa Radice.

Roberto Asano Junior – roberto.asano@yahoo.com

Engenheiro Eletricista pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) em 1998, MBA pela Universitat de Barcelona (UB - Espanha) em 2011 e Doutor em Energia pela Universidade Federal do ABC (UFABC) em 2018 com ênfase em planejamento energético com a integração de fontes renováveis à matriz hidrotérmica. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica, atuando com grandes fabricantes principalmente com P&D para projeto, fabricação, manutenção e diagnóstico de equipamentos. Também tem experiência nacional e internacional em execução e gerenciamento de projetos de pesquisa para indústria do setor de energia.