

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p align="center"> Ministério da Educação<br/> Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica<br/> Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca<br/> Coordenação de Curso de Engenharia de Controle e Automação </p> |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|

## FORMULÁRIO DE SOLICITAÇÃO PARA PAGAMENTO DE INSCRIÇÃO EM CURSO/EVENTO

| DADOS PARA INSCRIÇÃO           |                                                                                                              |                           |            |                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DADOS DO EVENTO                |                                                                                                              |                           |            | VALOR DA INSCRIÇÃO                                                                                                                                                               |
| Nome do curso/evento:          | XI WORKSPOT -Workshop Internacional sobre Transformadores de Potência, Equipamentos, Subestações e Materiais |                           |            | No pagamento de diferentes mini-cursos entre participantes no mesmo evento é obrigatória a descrição na mesma linha que identifica o participante, somando o valor da inscrição. |
| Data início do curso/evento:   | 25/11/2024                                                                                                   | Data fim do curso/evento: | 27/11/2024 |                                                                                                                                                                                  |
| Local do evento:               | RJ/RJ                                                                                                        | Carga horária:            | 8horas/dia |                                                                                                                                                                                  |
| Participante 1:                | Clóvis José da Silva, Professor do Magistério Superior, clovis.silva@cefet-rj.br                             |                           |            | R\$ 1760,00                                                                                                                                                                      |
| Participante 2:                | Nome completo, Cargo e Função (se houver), e e-mail                                                          |                           |            | R\$                                                                                                                                                                              |
| Participante 3:                | Nome completo, Cargo e Função (se houver), e e-mail                                                          |                           |            | R\$                                                                                                                                                                              |
| Participante Nº:               | Nome completo, Cargo e Função (se houver), e e-mail                                                          |                           |            | R\$                                                                                                                                                                              |
| Prazo para empenho: 25/10/2024 |                                                                                                              |                           |            | Total: R\$ 1760,00                                                                                                                                                               |

\*Expandir planilha conforme a necessidade

### DADOS DA DESPESA COM AÇÃO DE DESENVOLVIMENTO

Fonte de recurso:                    (   ) Centro de custo            (   ) Convênio. Especificar:  
Justificativa:  
Necessidade do PDP:

### DADOS DA ORGANIZADORA PARA EMISSÃO DA NOTA DE EMPENHO

Organizadora: CIGRE BRASIL  
CNPJ: 30.033.823/0001-84  
Telefone (com DDD): (21) 3259-5164 - (21) 99422-6132  
E-mail: [eventos@cigre.org.br](mailto:eventos@cigre.org.br)  
Pessoa de contato: Natasha de Decco

### CIÊNCIA DO SOLICITANTE

- a) Declaro estar ciente de que este processo deve ser protocolado com antecedência mínima de **45 (quarenta e cinco) dias** e quaisquer atrasos poderão resultar no não atendimento desta solicitação.
- b) Declaro estar ciente de que a emissão da nota de empenho deste processo é condição para a compra da passagem aérea e recebimento de diárias.
- c) Declaro ainda, estar **ciente de que deve anexar** a este pedido comprovante de inscrição ou aceitação do(s) trabalho(s), e folders indicativos do período de afastamento e valor da(s) inscrição(ões), sendo que a falta destes ou de justificativas para sua não apresentação impedirá o prosseguimento do processo.

### AUTORIZAÇÃO DA CHEFIA IMEDIATA

CONCORDO e AUTORIZO conforme as condições "a", "b" e "c" descritas acima.

### AUTORIZAÇÃO DO CENTRO DE CUSTO

Autorizo e declaro estar ciente das condições "a", "b" e "c" descritas acima.

Este formulário só terá validade se assinado pelo solicitante, chefia imediata e responsável pelo Centro de custo.

Para as solicitações da Pós-Graduação com fonte de recursos de convênio, a autorização da Coordenação do Programa de Pós-Graduação e do Centro de Custo ocorrerão por despacho no processo em que o formulário for inserido. Nesse caso, estão dispensadas a assinatura da chefia imediata e do centro de custos no presente documento, bastando somente a assinatura do requisitante.

#### Documentos Anexados:

- **Anexo #1.** Folder do Evento (anexado em 24/09/2024 17:12:50)
- **Anexo #2.** Informações Inscrição (anexado em 24/09/2024 17:14:29)
- **Anexo #3.** Artigo apresentado (anexado em 24/09/2024 17:21:04)
- **Anexo #4.** Artigo Submissão (anexado em 24/09/2024 19:13:35)

#### Documentos Anexados:

- **Anexo #1.** Folder do Evento (anexado em 24/09/2024 17:12:50)
- **Anexo #2.** Informações Inscrição (anexado em 24/09/2024 17:14:29)
- **Anexo #3.** Artigo apresentado (anexado em 24/09/2024 17:21:04)
- **Anexo #4.** Artigo Submissão (anexado em 24/09/2024 19:13:35)

#### Documentos Anexados:

- **Anexo #1.** Folder do Evento (anexado em 24/09/2024 17:12:50)
- **Anexo #2.** Informações Inscrição (anexado em 24/09/2024 17:14:29)
- **Anexo #3.** Artigo apresentado (anexado em 24/09/2024 17:21:04)
- **Anexo #4.** Artigo Submissão (anexado em 24/09/2024 19:13:35)

Documento assinado eletronicamente por:

- Luciano Santos Constantin Raptopoulos, COORDENADOR - FUC1 - COENCA-NI, em 25/09/2024 09:41:58.
- Luane da Costa Pinto Lins Fragoso, DIRETOR - CD3 - UNED-NI, em 26/09/2024 03:51:56.
- Clovis Jose da Silva, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR, em 26/09/2024 16:37:09.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 24/09/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.cefet-rj.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 38404

Código de Autenticação: 4d82495454





**XI WORKSPOT**  
WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE  
TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA, EQUIPAMENTOS, SUBESTAÇÕES E MATERIAIS  
2024

[\(https://cigreworkspot.com.br/\)](https://cigreworkspot.com.br/)

Submissão

Patrocínio ▼

Área do participante

Inscrições  
(<https://cigreworkspot.com.br>)

(<https://cigreworkspot.com.br>)

# XI WORKSPOT

Workshop internacional sobre  
**TRANSFORMAÇÕES DE POTÊNCIA, EQUIPAMENTOS, SUBESTAÇÕES E MATERIAIS**

25 a 27 de novembro de 2024  
no Rio de Janeiro

## Sobre o evento

O WORKSPOT é um encontro para debates, discussões técnicas, palestras e tutoriais sobre transformadores e reatores de potência, equipamentos de alta tensão, subestações, materiais e tecnologias emergentes.

Serão apresentados trabalhos selecionados, bem como tutoriais ministrados por especialistas de renome internacional sobre os atuais temas de interesse técnico e relacionados ao escopo do WORKSPOT.

Além disso, durante o XI WORKSPOT mais de 400 profissionais das empresas de transmissão e distribuição de energia elétrica do Brasil e do mundo devem encontrar-se no RIO DE JANEIRO para compartilhar experiências e se atualizar com as mais recentes tendências tecnológicas”

#### Dias até o evento

**61** **15** **54**  
dias horas minutos

#### Datas importantes

|                                           |                   |
|-------------------------------------------|-------------------|
| Data limite para Envio de Resumos:        | <b>23/05/2024</b> |
| Divulgação dos Resumos Aprovados:         | <b>22/07/2024</b> |
| Data Limite para Envio dos Artigos:       | <b>22/09/2024</b> |
| Divulgação dos Artigos Aprovados:         | <b>14/10/2024</b> |
| Data Limite para Envio das Apresentações: | <b>08/11/2024</b> |

## Promoção



## Realização



## Organização

## Local

## Windsor Barra Hotel, no Rio de Janeiro

Sinuosa, insinuante, bela e intrigante, a paisagem do Rio de Janeiro já encantava os visitantes de suas costas há 5 séculos.

Além de todo aprendizado realizado no Workspot, em 2024, os participantes também poderão conhecer famosos e deslumbrantes pontos turísticos como Teatro Municipal, Arcos da Lapa, Corcovado – Cristo Redentor, Floresta da Tijuca, Jardim Botânico e Pão de Açúcar.

Ver mais sobre o local  
(<https://cigreworkspot.com.br/local-do-evento/>)



## Patrocínio

## Cota Ouro



(<https://www.reinhausen.com/>)

#### Cota Prata





**Treetech**

(<http://www.treetech.com.br>)



(<http://www.weg.net/>)



(<https://www.prolec.energy/about-us/our-locations/prolec-ge-brazil>)



**TECTESLA**

Soluções Técnicas em Energia



EN



PT



ES

(<http://www.tectesla.com.br/novo/>)



**TRENCH**  
Sense the Power

(<https://trench-group.com/>)



**TSEA**  
energia

(<http://tseaenergia.com.br>)

prim**tech**  
**energia**

(<http://www.primtech.com>)



(<https://www.instronic.com.br/>)

Cota Bronze



#### Contato

Telefone PMAIS:

 (81)3062-6505

E-mail



(<https://cigreworkspot.com.br>)



Documento Digitalizado Público

Folder do Evento

**Assunto:** Folder do Evento  
**Assinado por:** -  
**Tipo do Documento:** Informação  
**Situação:** Finalizado  
**Nível de Acesso:** Público  
**Tipo do Conferência:** Cópia Simples



[Home](#) [Local](#) [Evento ▾](#) [Submissão](#) [Patrocínio ▾](#) [Área do participante](#)

Inscrições  
(<https://cigreworkspot.com.br>)

(<https://cigreworkspot.com.br>)

## Inscrição

### LOTE 1

Até o dia 31/08

Estudante sócio R\$ 650,00

Sócio Cigre R\$ 1.470,00

Não Sócio Cigre R\$ 2.100,00

### LOTE 2

A partir de 01/09/2024 até o evento

Estudante sócio R\$ 700,00

Sócio Cigre R\$ 1.760,00

**Não Sócio Cigre R\$ 2.520,00**

Inscrever-se agora  
(<https://workspot.dataevent.com.br/inscricao>)

### Inscrição dá direito à:

- Acesso livre a todas as apresentações técnicas e acesso à **Area de Exposição**;
- Pasta com todo o material do evento;
- Coffee-breaks nas manhãs e tardes, no espaço onde será realizada a Exposição Técnica;
- WIFI no local do evento;
- Certificado de participação;

---

### Política de cancelamento e transferência de ingressos

- Caso o cancelamento da inscrição seja solicitado até 30 dias antes do evento, o valor pago será devolvido descontadas as taxas, em até 10 dias após a solicitação.
- Caso a solicitação de cancelamento da inscrição ocorra com antecedência de até 15 dias em relação à data de início do evento, haverá devolução de 50% do valor pago em até 10 dias após a solicitação.
- Não haverá devolução de valores de inscrição para solicitações de cancelamento que venham a ser feitas 14 dias antes do evento ou a posteriori.
- Não haverá devolução de valores de inscrição para participantes que não compareçam ao evento;
- No caso de impossibilidade de comparecimento ao evento, o participante inscrito poderá ser substituído até o quinto dia útil antes da data de início do evento

### Patrocínio

### Cota Ouro



### Cota Prata





(<https://www.prolec.energy/about-us/our-locations/prolec-ge-brazil>)



EN  PT  ES



(<http://tseaenergia.com.br>)



(<https://trench-group.com/>)



(<http://www.primtech.com>)



(<https://www.instronic.com.br/>)

Cota Bronze



(<https://www.data.com.br/>)



(<https://urkraft.com.br/>)



UTILI ENERGIA  
(<http://www.utili.com.br/>)



#### Contato

Telefone PMAIS:

 (81)3062-6505

E-mail



Documento Digitalizado Público

Informações Inscrição

**Assunto:** Informações Inscrição  
**Assinado por:** -  
**Tipo do Documento:** Informação  
**Situação:** Finalizado  
**Nível de Acesso:** Público  
**Tipo do Conferência:** Cópia Simples

**Comitê de Estudos A2  
TP 1**

**CAPÍTULO REQUISITOS TÉCNICOS – MONITORAMENTO ON-LINE CONTÍNUO  
DA BROCHURA GT A2-09: “MELHORES PRÁTICAS PARA ESPECIFICAÇÃO DE  
TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA E REATORES DE DERIVAÇÃO”**

**J. G. DA COSTA(1); T. B. MARCHESAN(2); J. C. ARAÚJO(3); A. G. LEITE (4); G. A.  
MOURA(5); H. B. DE OLIVEIRA(6); F. R. M. FILHO(7); J. SUÑÉ (8); P. R. C. DA  
SILVA(8); C. J. DA SILVA(9) L. U. FILHO(10); O. NOGAROLLI (8);**

**CEMIG GERACAO E TRANSMISSAO S.A.(1); UFSM(2); TAESA(3); ITAIPU(4);  
TREETECH(5); ELETROBRAS(6); ELEC NOR(7); CONSULTOR(8); CEFET-  
RJ/NI(9); HITACHI ENERGY(10)**

**Brasil**

**PALAVRAS-CHAVE**

Monitoramento on-line contínuo, sensores, transformador, reator, confiabilidade, manutenibilidade, tecnologia

**RESUMO**

O objetivo deste artigo é apresentar a estrutura do subcapítulo 7.7 Requisitos Técnicos – Monitoramento On-line Contínuo, da brochura “melhores práticas para especificação de transformadores de potência e reatores de derivação”, elaborado pelo GT A2-09 dentro do CE A2 do Cigre Brasil. Tal brochura contou com a participação de representantes de concessionárias de GTD, fabricantes, fornecedores de matéria prima e acessórios, instituições de pesquisa e consultores.

Os transformadores e reatores são os equipamentos de elevado custo e responsabilidade para o sistema elétrico nacional, razão pela qual precisam ser acompanhados quanto a seu desempenho ao longo dos anos, e nesse cenário entendeu-se que o monitoramento on-line contínuo é uma ferramenta importante nos sistemas elétricos, proporcionando reconhecidos benefícios.

Esta brochura poderá ser utilizada como um guia de referência para consulta e especificação dos requisitos técnicos envolvidos com o processo de aquisição de monitoramento on-line contínuo em equipamentos de transformação, ou a preparação desses para a futura implementação dessa tecnologia.

**1.0 INTRODUÇÃO**

O Grupo de Trabalho GT A2 09 foi formado dentro do Comitê de Estudos A2 – Transformadores, do Cigre Brasil no final de 2016. Teve como objetivo elaborar uma brochura técnica de referência e apoio para elaboração de especificações técnicas para aquisição de transformadores de potência e reatores de derivação, fazendo parte do trabalho uma sessão dedicada ao Monitoramento online contínuo no capítulo 7 – Requisitos Construtivos. O trabalho foi concluído em 2024 com a publicação da brochura técnica BT-34 que brindou o setor com recomendações de características de qualidade e engenharia relevantes para a vida útil e para a minimização das intervenções de manutenção dos ativos de maior valor agregado em uma instalação de transmissão e distribuição.

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



A brochura reúne em um documento requisitos de especificação, tendo como base brochuras técnicas nacionais e internacionais do Cigre, bem como inclui diferentes aspectos incorporados às especificações técnicas de empresas tradicionais de nosso país, normas técnicas nacionais e internacionais e novas tecnologias que auxiliam na detecção de defeitos em fase incipiente. Ao avaliar o monitoramento on-line contínuo como solução, foram definidos cinco critérios que precisam ser atendidos, no entendimento do Grupo, para que sensores, IEDs e soluções tecnológicas figurarem como recomendação:

- i Existe tecnologia disponível comercialmente e com indicação de boas práticas entre as concessionárias do Brasil;
- ii Existe um parâmetro mensurável pelo qual o modo de falha pode ser identificado;
- iii Existe uma técnica de monitoramento disponível;
- iv O monitoramento permite tempo suficiente para agir após a detecção de uma falha incipiente;
- v O conhecimento para interpretar dados de monitoramento está disponível.

A brochura como um todo, e o subcapítulo REQUISITOS TÉCNICOS – MONITORAMENTO ON-LINE CONTÍNUO em especial, inclui de forma inovadora sugestões e alternativas para os principais itens da especificação técnica e melhores práticas de engenharia utilizadas pelas principais concessionárias e fabricantes no mercado brasileiro. Com abordagens do tipo “custo-benefício” e recomendações, oferecendo de forma balanceada uma trilha para definição das características importantes para tal tecnologia, buscou-se o equilíbrio entre as visões de minimização dos custos iniciais e de implantação (curto prazo) com a necessária segurança e confiabilidade do Sistema Interligado Nacional (perspectiva de longo prazo). Isso inclui levar em consideração as seguintes visões:

- Confiabilidade do ativo, buscando minimizar a necessidade de intervenções de manutenção, maximizando a disponibilidade;
- Manutenibilidade do ativo, com o objetivo de facilitar a manutenção diminuindo o tempo de indisponibilidade do equipamento;
- Segurança operacional e dos usuários.

Pretende-se com o artigo, a apresentação do capítulo da brochura, a qual poderá ser utilizada como referência para consulta e especificação dos requisitos técnicos envolvidos com o processo de aquisição de monitoramento on-line contínuo em equipamentos de transformação, ou a preparação desses para a futura implementação dessa tecnologia de apoio à gestão do ativo.

## **2.0 MOTIVAÇÃO DO TRABALHO**

Os transformadores e reatores são os equipamentos de elevado custo e responsabilidade para o sistema de potência. Os elevados níveis de concorrência dos empreendimentos, levaram a reduções nas exigências aplicadas nas especificações técnicas dos transformadores, buscando-se o menor custo para o equipamento. Adicionalmente, a progressiva desassistência das subestações, o ingresso de novos fabricantes, novos materiais e novos processos de fabricação precisam ser acompanhados quanto a seu desempenho ao longo dos anos, e nesse cenário entendeu-se que o monitoramento on-line contínuo é uma ferramenta de grande relevância nos sistemas elétricos, proporcionando dentre seus benefícios:

- Aumento da disponibilidade;
- Redirecionamento da manutenção preventiva para manutenção baseada em condição;
- Conformidade com a normatização de gestão de ativos;
- Extensão da vida útil;
- Análise de causa de falha.



*Fig. 1 – Imagem ganhadora do 1º Concurso Internacional de fotografia do GT A2-09 do Cigre Brasil.  
Créditos: Orlete Nogarolli*

Em função dos benefícios citados, pode-se destacar o seguinte:

- Quanto à Manutenção:
  - ✓ Redução de traslado e viagens;
  - ✓ Redução de inspeções nos locais dos transformadores;
  - ✓ Acesso remoto às informações;
  - ✓ Acesso à históricos e tendências;
  - ✓ Informações de diagnósticos, ações recomendadas e prognósticos;
  - ✓ Migração da manutenção preventiva, baseada em tempo, para a preditiva, baseada no estado real dos equipamentos;
  - ✓ Maior efetividade da filosofia de Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC);
  - ✓ Redução de risco de falhas intempestivas.
- Quanto à Engenharia:
  - ✓ Acesso à banco de dados para uso em novos projetos;
  - ✓ Histórico de ocorrências e comportamento do equipamento diante das condições operacionais;
  - ✓ Uso das informações monitoradas para avaliação do desempenho do transformador e consequente melhoria na especificação técnica;
  - ✓ Simular condições operacionais.
- Quanto à Operação:
  - ✓ Aumento da disponibilidade operacional dos transformadores para o sistema;
  - ✓ Possibilidade de geração de alertas automáticos se os valores limites ou de tendência forem ultrapassados;
  - ✓ Tomada de decisões de forma remota.

- Quanto ao Negócio:
  - ✓ Redução das penalidades por indisponibilidade dos transformadores (por exemplo Parcela Variável, perda de receita, etc);
  - ✓ Melhor negociação e redução dos prêmios de seguros;
  - ✓ Preservação da imagem corporativa;
  - ✓ Permitir a gestão de ativos, com o armazenamento de dados medidos e calculados em um banco de dados para análise futura.

### 3.0 ESTRUTURA BÁSICA E ARQUITETURAS DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO ON-LINE CONTÍNUO

Tipicamente, o monitoramento on-line contínuo de transformadores adota a topologia mostrada no diagrama de blocos da Figura 2, onde se observam as seguintes partes constituintes, detalhadas a seguir:

- Medição ou cálculo de grandezas;
- Transmissão de dados;
- Armazenamento e tratamento de dados;
- Interface com os usuários.



Figura 2 - Topologia típica do sistema de monitoramento

#### 3.1 DEFINIÇÃO DA ARQUITETURA

A arquitetura empregada para a medição das variáveis tem grande importância para a definição da instalação e futura manutenção do sistema. O primeiro passo para a especificação de um sistema de monitoramento é a escolha e especificação da arquitetura mais adequada. Basicamente existem duas arquiteturas alternativas:

- **Arquitetura Centralizada** – Utiliza um elemento centralizador (CLP, IHM, IED, etc.) geralmente localizado próximo ao transformador ou na sala de controle da subestação, para receber as medições dos diversos sensores ou IEDs, digitalizá-las e retransmiti-las para o servidor de monitoramento on-line;

- **Arquitetura Descentralizada** – Utiliza sensores eletrônicos inteligentes (IED), geralmente localizados no corpo do transformador, com capacidade de processamento das informações e transmissão direta para um servidor de monitoramento on-line.

### 3.2 DEFINIÇÃO DOS SUBSISTEMAS A SEREM MONITORADOS

A especificação do transformador deve indicar quais subsistemas, grandezas e parâmetros que serão monitorados. Cabe a cada empresa a análise dos subsistemas a monitorar considerando a estratégia própria de gestão de ativos e o investimento total na aquisição do monitoramento.

Tabela 1- Subsistemas e funções de monitoramento

| Subsistemas                    | Funções de monitoramento                           |
|--------------------------------|----------------------------------------------------|
| Buchas                         | Estado da isolação das buchas                      |
| Parte Ativa                    | Envelhecimento da isolação                         |
|                                | Umidade na isolação sólida                         |
|                                | Gás dissolvido no óleo                             |
|                                | Previsão de temperaturas                           |
|                                | Previsibilidade Dinâmica de Carregamento           |
|                                | Simulações de carregamento                         |
| Comutador em Carga             | Supervisão térmica                                 |
|                                | Desgaste do contato (comutadores com arco em óleo) |
|                                | Assinatura do mecanismo                            |
|                                | Umidade no óleo                                    |
|                                | Previsão de Manutenção do comutador                |
| Óleo                           | Umidade no óleo                                    |
| Sistema de Preservação do Óleo | Integridade do sistema de preservação de óleo      |
| Sistema de Resfriamento        | Eficiência do sistema de resfriamento              |
|                                | Previsão de Manutenção do sistema de resfriamento  |

### 3.3 DEFINIÇÃO DAS GRANDEZAS MONITORADAS E PARÂMETROS

Após a definição dos subsistemas, é necessário selecionar os parâmetros e as grandezas a serem monitoradas em cada subsistema. A medição das diversas grandezas é realizada através de sensores instalados no transformador.

Outras são calculadas com o uso de IEDs. Certos parâmetros, como o estado da bolsa do conservador são obtidos com auxílio de IEDs. A Tabela 2 apresenta os sensores, IEDs, parâmetros e grandezas, que podem ser aplicados de maneira independente, para cada subsistema do transformador.

TABELA 2 – Grandezas/Parâmetros Monitorados

| Subsistema                          | Sensor / IEDs                  | Grandeza / Parâmetro                                                                                |
|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Buchas                              | Monitor de buchas              | Capacitância                                                                                        |
|                                     |                                | Tangente Delta                                                                                      |
|                                     |                                | Correntes de fuga                                                                                   |
| Parte Ativa                         | Monitor de temperatura         | Temperatura do óleo                                                                                 |
|                                     |                                | Temp. dos enrolamentos ( <i>hot-spot</i> )                                                          |
|                                     |                                | Temperatura ambiente                                                                                |
|                                     | Monitor de gás                 | Medição de hidrogênio ou composto de gases ou medição individualizada de gases dissolvidos no óleo  |
|                                     |                                |                                                                                                     |
|                                     | Monitor de grandezas elétricas | Tensões de linha                                                                                    |
|                                     |                                | Correntes de linha                                                                                  |
| Potências ativa, reativa e aparente |                                |                                                                                                     |
| Tanque e Óleo                       | Monitor da bolsa               | Ruptura da bolsa do tanque de expansão                                                              |
|                                     |                                | Saturação relativa à temp. ambiente                                                                 |
|                                     |                                | Saturação relativa à temp. de referência                                                            |
| OLTC                                | Monitor de umidade             | Tendência de evolução do teor de água                                                               |
|                                     |                                | Teor de água no óleo                                                                                |
|                                     |                                | Saturação relativa de água no óleo                                                                  |
|                                     |                                |                                                                                                     |
|                                     | Monitor de temperatura         | Temperatura do óleo da chave comutadora                                                             |
|                                     | Monitor de comutadores         | Número de operações do comutador                                                                    |
|                                     |                                | Desgaste dos contatos                                                                               |
|                                     |                                | Curvas de consumo de potência do motor do comutador                                                 |
|                                     |                                | Curvas das correntes do motor do comutador                                                          |
| Posição de tap do comutador         |                                |                                                                                                     |
| Tempo de manobra do comutador       |                                |                                                                                                     |
| Sistema de resfriamento             | Monitor de temperatura         | Temp. do óleo - entrada dos trocadores                                                              |
|                                     |                                | Temp. do óleo - saída dos trocadores                                                                |
|                                     |                                | Temp. da água - entrada dos trocadores                                                              |
|                                     |                                | Temp. da água - saída dos trocadores                                                                |
|                                     | Monitor de grandezas elétricas | Tensões dos ventiladores/bombas de óleo                                                             |
|                                     |                                | Correntes dos ventiladores/bombas de óleo                                                           |
|                                     |                                | Potências dos ventiladores/bombas de óleo                                                           |
|                                     | Módulo de aquisição de dados   | Estágios de resfriamento on/off                                                                     |
| Outros                              | Módulo de aquisição de dados   | Contatos de alarme:<br>- Relé buchholz,<br>- Válvula de alívio de pressão,<br>- Nível de óleo, etc. |
|                                     | Outros                         | Descargas Parciais (em desenvolvimento)<br>Tensões fase-terra e fase-fase                           |

#### **4.0 DEFINIÇÃO DOS SENSORES PRIMÁRIOS E DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS INTELIGENTES (IEDS)**

O passo seguinte para elaboração da especificação técnica é a definição das características mínimas para os sensores primários, que são aqueles instalados diretamente nos pontos de medição, e IEDs a serem utilizados no transformador.

##### **4.1 CARACTERÍSTICAS COMUNS RECOMENDADAS PARA TODOS OS DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS INTELIGENTES:**

- Ser projetados, construídos e testados especificamente para uso em condições adversas, tais como as encontradas em pátios de subestação, de forma a suportar sem danos a realização dos ensaios dielétricos no transformador e/ou buchas (tensão aplicada, tensão de impulso, etc.) com os sensores completamente instalados e conectados aos transformadores. O fornecedor deverá apresentar documentação que comprove a suportabilidade, aptidão e confiabilidade dos sensores, que devem ser compatíveis com as exigências da instalação;
- A temperatura é fator importante na especificação do equipamento de medição dependendo das condições ambientais. A vida útil dos componentes eletrônicos, a precisão do sistema de medição e o seu correto funcionamento estão diretamente ligados a temperatura de operação. Portanto, é de fundamental importância que a especificação técnica traga os requisitos de temperatura para o sistema de medição.
- Admitir tensão de alimentação compatível com o local de instalação de forma a facilitar testes e a alimentação provisória através de qualquer fonte disponível;
- Possuir memória interna não-volátil para armazenamento local de medições e eventos;
- Possuir a função de autodiagnóstico;
- Possuir porta de comunicação para o sistema de monitoramento remoto, SCADA, IHM ou unidades remotas;
- Possuir protocolo de comunicação compatível com o sistema proprietário do usuário final;
- Possuir alarmes configuráveis pelo usuário para as diferentes grandezas sendo monitoradas ou calculadas;
- Caso haja necessidade de integração com o sistema de monitoramento existente, essa condição deve ser especificada pelo comprador;
- Recomenda-se que os dispositivos eletrônicos atendam aos ensaios de tipo indicados;
- Dada a variedade de soluções disponíveis no mercado, deve ser aplicada na análise e especificação dos sensores primários e Dispositivos Eletrônicos Inteligentes (IEDs), os múltiplos aspectos, tanto técnico como comercial, do custo de aquisição e do custo total de propriedade;
- Condições importantes a observar:
  - ✓ Vida útil esperada;
  - ✓ Período de garantia exigido e opção para garantia estendida;
  - ✓ Consumíveis ou outros custos operacionais durante a vida útil;
  - ✓ Peças de reposição durante a vida útil;
  - ✓ Ferramentas especiais;
  - ✓ Requisitos em termos de calibração e método de calibração;
  - ✓ Taxas ou licenças de software;
  - ✓ Instalação e manutenção.

O guia apresenta características específicas para os diversos tipos de sensores e IEDs, já disponíveis comercialmente, e ainda os requisitos para preparação do transformador para posterior implantação de sistema de monitoramento, como resumido abaixo:

#### **4.2 MONITORAMENTO DE TEMPERATURAS**

Temperatura de Topo de óleo e Temperatura do óleo do fundo do tanque: utiliza-se em geral sondas Pt100 Ohms a 0°C.

Temperatura do enrolamento e núcleo: Por imagem térmica através de IEDs ou Por medição direta usando sensores em fibra ótica.

#### **4.3 MONITORAMENTO DE BUCHAS CONDENSIVAS**

Recomendou-se a instalação de sensores nas buchas capacitivas de tensão igual ou superior a 145 kV, com adaptadores de tap de bucha para medição de corrente de fuga, com proteção contra abertura acidental de circuito. Essas medidas são processadas em um ou mais dispositivos eletrônicos, conforme cálculo para obtenção das informações mínimas de capacitância, tangente delta e corrente de fuga.

#### **4.4 MONITORAMENTO DE UMIDADE NO ÓLEO DO TRANSFORMADOR**

Os sensores podem medir a umidade no líquido isolante, no tanque e no OLTC, em termos de Saturação Relativa (%SR) na temperatura do ponto de medição. Essa informação pode ser utilizada para o cálculo da umidade no papel isolante. Os pontos ideais de instalação são indicados em figuras orientativas e válvulas adequadas são recomendadas para a aplicação desse sensor.

#### **4.5 MONITORAMENTO DE GÁS NO ÓLEO DO TRANSFORMADOR**

Para escolha entre as muitas opções de monitores do mercado, tanto para medição individual de hidrogênio, mas também monitores de múltiplos gases individuais, utilizando diversas tecnologias, foi indicado as tabelas: “Tipos de Tecnologias para monitoramento de óleo On-Line” e “Falhas possíveis de identificarem pelos monitores de gás”, baseadas no documento Técnico Brochure TB 783 ed.2019 DGA Monitoring System. Recomenda-se ainda a leitura das normas IEEE C57.104 ed.2019 e IEC 60599.

Alguns dos monitores de gás mais complexos não só fornecerão informações sobre cada um dos gases medidos, mas também analisarão os resultados usando métodos como o gás chave, Triângulo ou Pentagrama de Duval, entre outros.

Um requisito importante na preparação do transformador para posterior implantação de sistema de monitoramento de gás é a instalação de válvulas adequadas ao sensor escolhido, instaladas em local a ser medido, o qual seja realmente representativo do óleo dentro do tanque do transformador, evitando-se pontos onde o óleo fica estagnado;

#### **4.6 MONITORAMENTO DO MECANISMO DO COMUTADOR**

O monitoramento do mecanismo do comutador deve alertar para alterações na sua assinatura típica, que indicam falhas em desenvolvimento. Um dispositivo eletrônico para diagnóstico do comutador, fornece a assinatura de potência e energia gasta pelo motor durante a operação, assinatura de tempo para operação do comutador, funcionamento do aquecedor do mecanismo, número de operações e tempo de serviço do comutador, sub e sobretensão da alimentação do motor, indicação de desgaste dos contatos do comutador no caso de comutadores a óleo.

#### **4.7 MONITORAMENTO DE BOLSA DO CONSERVADOR**

O monitoramento da ruptura da bolsa do conservador é composto de sensor eletro-óptico montado sobre a membrana ou dentro da bolsa de borracha (lado do ar) e uma unidade de controle eletrônica localizada no painel do transformador para sinalização de falha da bolsa.

Ao final da brochura, uma figura condensando todas as opções para definição de um sistema de monitoramento online contínuo, considerando: Subsistema - Sensor / IEDs - Grandeza / Parâmetro - Processamento – Armazenamento – Saídas. Uma cópia da figura é apresentada aqui, apenas de forma ilustrativa, sem a intenção de poder ler os textos em cada box.

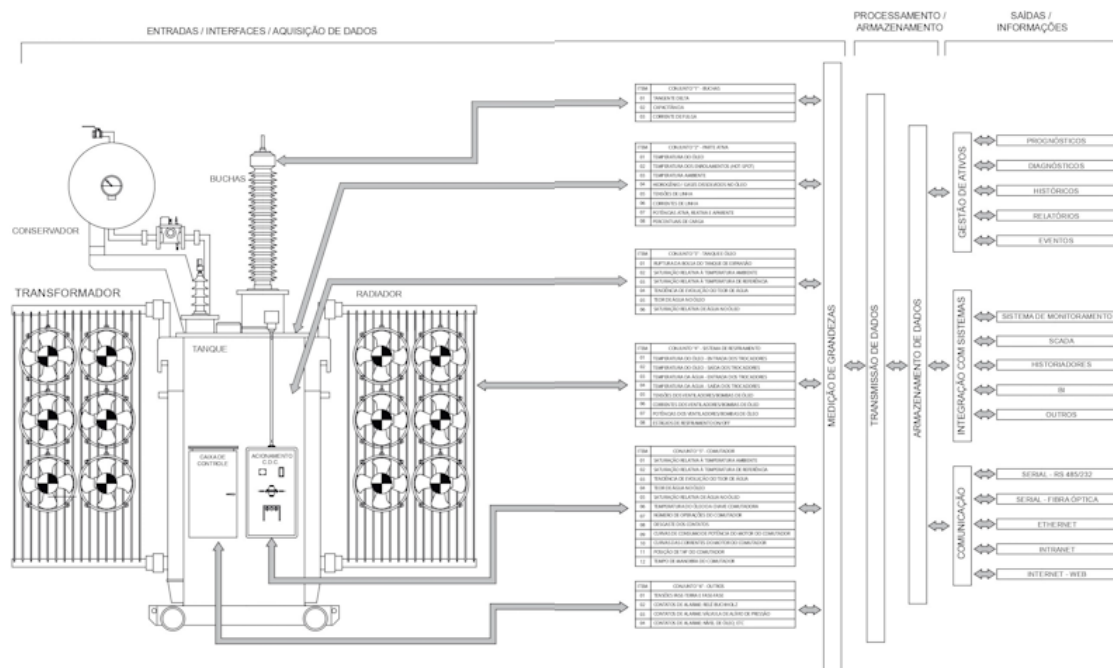


Figura 3 – Resumo do sistema de monitoramento online contínuo. Crédito: P. R. C. da Silva

## 5.0 SOFTWARE DE MONITORAMENTO

Se a empresa possuir um software de monitoramento padronizado, deve ser previsto que os sensores e dispositivos eletrônicos de monitoramento possam ser conectados a este software por meio de protocolo de comunicação aberto e rede de comunicação adequado. No caso de não haver um software de monitoramento padronizado na empresa, o transformador poderá ser preparado com sensores primários e dispositivos eletrônicos para conexão futura com um software de monitoramento.

## 6.0 ENSAIOS

A especificação deve contemplar um Plano de Inspeção e Testes PIT específico para os componentes do sistema de monitoramento, a ser realizado em conjunto com o comissionamento do transformador, além de ensaios em fábrica (TAF) e em campo (TAC).

### 6.1 ENSAIOS EM FÁBRICA (TAF)

Recomenda-se que sejam realizados em todos os sensores e dispositivos eletrônicos do sistema de monitoramento os mesmos ensaios previstos para os acessórios do transformador. Isso inclui os dispositivos instalados nos cubículos individuais e nos cubículos comuns.

Sempre que aplicável, os sensores e dispositivos eletrônicos devem ser testados em conjunto com o transformador.

### 6.2 ENSAIOS EM CAMPO (TAC)

A especificação deve contemplar um Plano de Inspeção e testes PIT específico visando a realização de ensaios de aceitação em campo para os componentes do sistema de monitoramento, principalmente para os casos de bancos de transformadores monofásicos com unidade reserva.

## 7.0 DOCUMENTOS DO PROJETO

Devem ser fornecidos pelo fabricante, pelo menos os seguintes documentos:

- Catálogo técnico dos sensores e IEDs
- Diagramas do sistema de monitoramento, caso aplicável;
- Arquitetura do sistema de monitoramento, caso aplicável;



Para o sistema de monitoramento, sugere-se a solicitação dos seguintes documentos visando a avaliação da qualificação, confiabilidade e manutenção de componentes:

- Lista de referência de sistema de monitoramento em serviço, por período adequado de fornecimento, na classe de tensão do transformador ou superior;
- Declaração de suporte técnico no Brasil para o sistema de monitoramento.

## **8.0 REUNIÃO DE DETALHAMENTO TÉCNICO DO FORNECIMENTO**

Logo após a assinatura do Contrato, a concessionária e o fabricante devem marcar uma ou mais reuniões técnicas (Workstatement) para discutir os requisitos técnicos que permitam ao fabricante iniciar o detalhamento técnico do fornecimento.

A reunião deve abordar ainda os ensaios, testes e requisitos de laboratório para atendimento das especificações, o escopo contratado de bens e serviços relacionados ao monitoramento on-line contínuo (sensores, IEDs, painéis, sistemas de monitoramento, rede de comunicação, projetos de engenharia, testes e treinamento, instalação, montagem e comissionamento).

## **9.0 – CONCLUSÃO**

O artigo apresenta os importantes aspectos apontados na confecção da brochura “melhores práticas para especificação de transformadores de potência e reatores de derivação” para o componente “Monitoramento Online Contínuo”, a qual poderá ser utilizada como referência para consulta e preparação de especificações para aquisição deste item, ou seus componentes, juntamente com equipamentos novos, e sem dúvidas, se tornará importante referência para o setor elétrico brasileiro.

## **10 – REFERÊNCIA**

- GT A2. 05 CIGRE - Brochura 015 - Guia de Manutenção de Transformadores, novembro 2013;
- Inovações Aplicadas ao Monitoramento de Equipamentos de Alta Tensão (P&D Aneel - Taesa - 2015);
- IEEE C57.143 - Guide-for-Application-for-Monitoring-Equipment-to-Liquid-Immersed-Transformers-and-Components ;
- Brochura 343 Cigrè - WG A2.27-Recommendations for Condition Monitoring and Condition Assessment Facilities for Transformers;
- Brochura 783 Cigrè - TB 783 ed.2019 DGA Monitoring System;
- IEEE C57.104 ed.2019 - Guide for the Interpretation of Gases Generated in Mineral Oil-Immersed Transformers ;
- IEC 60599 - Mineral oil-filled electrical equipment in service - Guidance on the interpretation of dissolved and free gases analysis ;
- Brochura 630 Cigrè - Guide on Transformer Intelligent Condition Monitoring (TICM) Systems Working Group - A2.44 September 2015 ;
- Brochura 017 Cigrè - Gerenciamento de Dados para Monitoramento e Avaliação da Condição Operativa de Transformadores (GDMT).

Documento Digitalizado Público

Artigo apresentado

**Assunto:** Artigo apresentado  
**Assinado por:** -  
**Tipo do Documento:** Comprovante  
**Situação:** Finalizado  
**Nível de Acesso:** Público  
**Tipo do Conferência:** Cópia Simples



# XI WORKSPOT

## WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA, EQUIPAMENTOS, SUBESTAÇÕES E MATERIAIS

25 A 27 DE NOVEMBRO DE 2024

RIO DE JANEIRO

### FICHA DE RESUMO

2696

No

Submetido

Situação

13\_2696\_resumo.docx

Arquivo

**CAPÍTULO REQUISITOS TÉCNICOS – MONITORAMENTO ON-LINE CONTÍNUO DA BROCHURA GT A2-09: “MELHORES PRÁTICAS PARA ESPECIFICAÇÃO DE TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA E REATORES DE DERIVAÇÃO”**

Título

**Transformadores de potência e reatores**

Comitê de estudo / Tema preferencial

#### Autor principal

Dados pessoais

**Gilberto Amorim Moura**

Nome completo

[gilberto.amorim@treotech.com.br](mailto:gilberto.amorim@treotech.com.br)

E-mail

[gilberto.amorim@treotech.com.br](mailto:gilberto.amorim@treotech.com.br)

E-mail pessoal

**Brasil (BR)**

País

Organização

**Treotech - Treotech Sistemas Digitais Ltda.**

Organização/Empresa

**Praca Claudino Alves 141**

Endereço

**Atibaia, SP - Brasil (BR)**

Cidade, Estado - País

#### Outros Autores

No Nome completo / E-mail / Organização

|    |                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | LUCIO URZEDO FILHO / <a href="mailto:lucio.urzedo@hitachienergy.com">lucio.urzedo@hitachienergy.com</a> / HE - Hitachi Energy (BR, Guarulhos)                                                                                                         |
| 2  | Clóvis José da Silva / <a href="mailto:klovsj@gmail.com">klovsj@gmail.com</a> & <a href="mailto:clovis@eletrobras.com">clovis@eletrobras.com</a> / CEFET/RJ - NI - Centro Federal de Educação Tecnológica (BR, Nova Iguaçu)                           |
| 3  | PAULO ROBERTO COSTA DA SILVA / <a href="mailto:pr@task.com.br">pr@task.com.br</a> & <a href="mailto:costasilvapauloroberto@gmail.com">costasilvapauloroberto@gmail.com</a> / Consultor - Consultor (BR, Diversas)                                     |
| 4  | Jaime Suñé / <a href="mailto:sune@itaipu.gov.br">sune@itaipu.gov.br</a> & <a href="mailto:jaime.sune@uol.com.br">jaime.sune@uol.com.br</a> / Consultor - Consultor (BR, Diversas)                                                                     |
| 5  | FIEL RIBEIRO MATOLA FILHO / <a href="mailto:fiel.ribeiro@elecnor.com">fiel.ribeiro@elecnor.com</a> / Elecnor - Elecnor do Brasil (BR, Rio de Janeiro)                                                                                                 |
| 6  | Hamilton Batista de Oliveira / <a href="mailto:hbo@furnas.com.br">hbo@furnas.com.br</a> / ELETROBRAS - ELETROBRAS (BR, Rio de Janeiro)                                                                                                                |
| 7  | Alexandre Gonçalves Leite / <a href="mailto:alexle@itaipu.gov.br">alexle@itaipu.gov.br</a> / ITAIPU - ITAIPU Binacional (BR, Foz do Iguaçu)                                                                                                           |
| 8  | Jamerson Carvalho Araújo / <a href="mailto:jamerson.carvalho@taesa.com.br">jamerson.carvalho@taesa.com.br</a> / TAESA - TRANSMISSORA ALIANÇA DE ENERGIA ELÉTRICA (BR, Rio de Janeiro)                                                                 |
| 9  | Tiago Bandeira Marchesan / <a href="mailto:tiago@ufsm.br">tiago@ufsm.br</a> / UFSM - Universidade Federal de Santa Maria (BR, Santa Maria)                                                                                                            |
| 10 | Janaina Gomes da Costa / <a href="mailto:janaina.costa@cemig.com.br">janaina.costa@cemig.com.br</a> & <a href="mailto:janainagomescosta@gmail.com">janainagomescosta@gmail.com</a> / CEMIG GT - Cemig Geração e Transmissão S.A. (BR, BELO HORIZONTE) |
| 11 | Orlete Nogarolli / <a href="mailto:orlete.nogarolli@gmail.com">orlete.nogarolli@gmail.com</a> / Consultor - Consultor (BR, Diversas)                                                                                                                  |



Documento Digitalizado Público

Artigo Submissão

**Assunto:** Artigo Submissão  
**Assinado por:** -  
**Tipo do Documento:** Comprovante  
**Situação:** Finalizado  
**Nível de Acesso:** Público  
**Tipo do Conferência:** Cópia Simples