

Workshop B5 - Subestação Digital: Desafios e Perspectivas

9 e 10 de agosto de 2023
Florianópolis/SC



TRILHA DE IMPLANTAÇÃO DOS LPIT NO BRASIL

Atividades dos GTs CIGRE A3: “Estudo e Disseminação das Tecnologias de Transformadores de Instrumentos Não Convencionais (NCIT)” e “Estudo em Aplicações, Testes e Regulamentação das Tecnologias de Transformadores para Instrumentos de Baixa Potência (LPIT)”.

Por: JOSEMIR C. SANTOS – PEA/EPUSP



A Evolução dos sistemas elétricos trouxe várias demandas:

EVOLUÇÃO DO SISTEMA ELÉTRICO

CONDUZIU A

- Geração em níveis de potência mais elevados;
- Aproveitamentos cada vez mais distantes;
- Transmissão em altos níveis de tensão e corrente;
- Elevação dos níveis de ruído eletromagnético gerado na GTD
- Sistemas de tamanho e complexidade operativa crescentes.

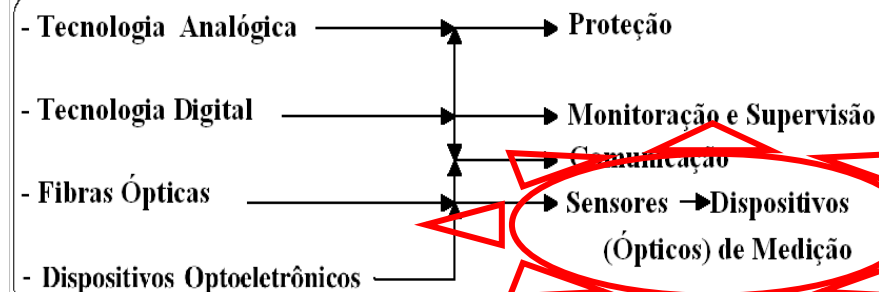
EXIGIU

- Dispositivos de medição (convencionais) para maior isolamento (maiores e mais caros) e de maior exatidão;
- Proteção mais rápida, precisa, flexível e confiável;
- Sistemas de Intra e Intercomunicação mais seguros e in-sensíveis a interferências
- Sistemas de Monitoração e Supervisão mais complexos e "inteligentes".

Os desenvolvimentos da eletrônica e da óptica contribuíram para atender várias das demandas dos sistemas de potência:

- | | |
|---|---|
| - Tecnologia analógica | ➤ • Releamento Estático |
| - Tecnologia digital | ➤ • Monitoramento e Controle Operativo
• Comunicação digital de dados
• Releamento e Proteção |
| - Dispositivos Optoeletrônicos (Fontes e Detectores de luz) | ➤ • Comunicações
• Sensoriamento |
| - Telecomunicações (Enlaces via cabos, rádio frequência, fibras ópticas etc.) | ➤ • Telemática
• monitoração
• supervisão |
| - Sensores Ópticos | ➤ • Sensoriamento
• medição
• proteção |

As novas tecnologias foram associadas para atender às demandas geradas pela evolução dos sistemas de potência



LPITs



LPIT - *Low Power Instrument Transformers*

(ou Transformadores para Instrumentos de Baixa Potência)

- O Desenvolvimento dos **LPIT** iniciou-se **antes** das tecnologias digitais serem introduzidas no ambiente das subestações elétricas:
 - ✧ No início foram chamados de TIs Não Convencionais (80');
 - ✧ Depois foram denominados de Tis Eletrônicos (90'~ IEC 60044:1999);
 - ✧ Atualmente são denominados TIs de Baixa Potência (2010'~IEC 61869-6:2016).
- Apresentam 2 tipos de saída secundária:
 - ✧ analógica de baixa tensão e baixa potência; ou
 - ✧ digital (por condutores elétricos ou fibras ópticas);
- Desde o princípio a **interface** das **saídas (de baixa potência)** destes TIs com as **entradas (de baixa impedância)** dos equipamentos de medição e proteção tradicionais foi uma barreira à sua implantação. (Evolução...)



SUBESTAÇÃO DIGITAL (SD) & LPIT

➤ Com a evolução digital das subestações é crescente o interesse no uso da tecnologia LPIT pois :

✧ O advento do Barramento de Processo (em inglês: “Process Bus”):

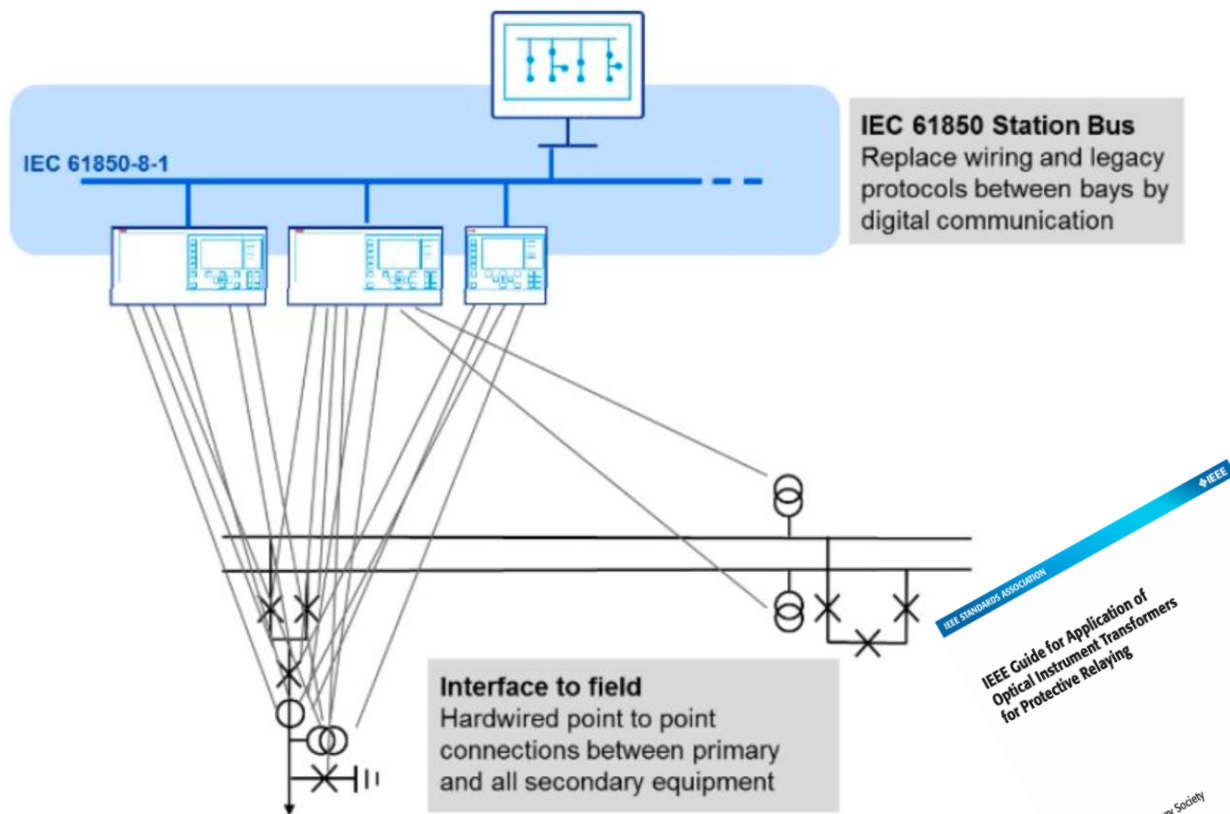
- ✓ facilita o uso dos LPIT (com saída digital incorporada);
- ✓ apresenta um novo conceito de integração de serviços e equipamentos;
- ✓ substitui o cabeamento de cobre do pátio por fibras ópticas;
- ✓ traz benefícios às novas subestações em termos financeiros, de segurança e operacionais;

e

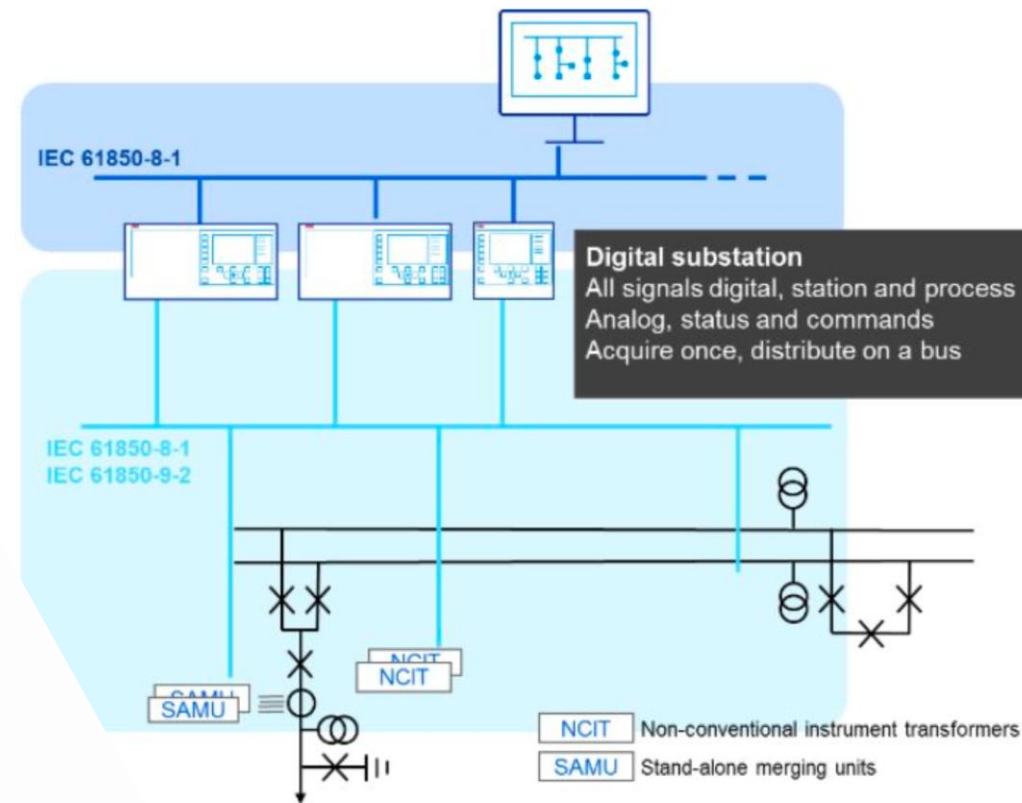
✧ O uso do Protocolo IEC 61850-9-2:

- ✓ simplifica a integração dos LPIT com equipamentos secundários convencionais a serviço da medição, da proteção e do controle;
- ✓ pode alterar substancialmente a arquitetura de subestações de alta tensão;

SUBESTAÇÃO DIGITAL (SD) & LPIT – *Topologias de cabeamento*



Layout de uma subestação convencional [@ 2017 IEEE]



Layout de uma subestação digital [@ 2017 IEEE]



LPIT - *Low Power Instrument Transformers*

(ou **TIBP** - Transformadores para Instrumentos de Baixa Potência)

- Existem vários modelos que aplicam diferentes sensores:
 - ✧ Sensores Ópticos (Pockels p/ TPs e Faraday p/ TCs)
 - ✧ Sensores por bobina de Rogowsky
 - ✧ Sensores por Efeito Hall
 - ✧ Outros (p. ex.: LEM sensor)
- Dentre estes, os **LPIT Ópticos**:
 - ✧ Executam a medição e/ou a comunicação por meio de fibras ópticas;
 - ✧ Não possuem núcleos ferromagnéticos (que possam saturar);
 - ✧ Comparados aos TI convencionais:
 - ✓ Têm características mais lineares e desempenho superior (em exatidão);
 - ✓ São mais compactos em tamanho e mais leves;
 - ✓ São mais seguros (isolação elétrica total entre os circuitos primário e secundário);
 - ✓ Podem atender várias funções simultaneamente; etc.

TRILHA DE IMPLANTAÇÃO DOS LPIT

- Há vários anos, alguns fabricantes já oferecem estes equipamentos ao mercado:

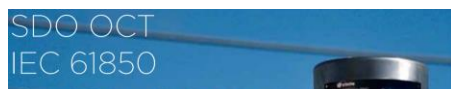


Fig. 1 Three-phase
FOCS kit (redundant)



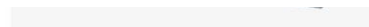
- A utilização desses novos equipamentos nos sistemas elétricos, no entanto, continua limitada por:

- ✧ dificuldades técnicas de integração
- ✧ carências de regulamentação,
- ✧ barreiras culturais de aceitação,

- Isto retarda a disseminação de seu uso pelas concessionárias brasileiras, bem como em outros países.



PowerOpticks



Hitachi ABB

GE



TRILHA DE IMPLANTAÇÃO DOS LPIT

➤ Para estabelecer uma **TRILHA DE IMPLANTAÇÃO DOS LPIT** são necessários:

➤ Estudos:

Sobre:

- Dificuldades de integração;
- Requisitos Regulatórios;
- Requisitos metrológicos (calibrações, acreditações, certificações, etc.)
- Competitividade de custos;
- Barreiras de aceitação (familiarização, capacitação, treinamento, etc.)

➤ Ações de disseminação:

Visando:

- Divulgação da tecnologia (apresentações em eventos, publicações, palestras, fóruns, etc.)
- Projetos estratégicos (Plantas piloto, infraestrutura metrológica, etc.);



TRILHA DE IMPLANTAÇÃO DOS LPIT

ESPAÇO PARA “PROPAGANDA”

- Nesse cenário, no **CIGRE** criaram-se **Grupos de Trabalho** dedicados a contribuir para o avanço no uso dessa nova tecnologia:
 - ✧ **GT-CIGRE-NCIT** - “Estudo e Disseminação das Tecnologias de Transformadores de Instrumentos Não Convencionais (NCIT)”
 - e
 - ✧ **GT-CIGRE-LPIT** - “Estudo em Aplicações, Testes e Regulamentação das Tecnologias de Transformadores para Instrumentos de Baixa Potência (LPIT)”

GT-CIGRE-NCIT - Estudo e Disseminação das Tecnologias de Transformadores de Instrumentos Não Convencionais (NCIT)

- O principal objetivo da GT foi evidenciar o potencial da tecnologia de NCIT aplicada ao setor elétrico brasileiro, apresentar vantagens e desafios, disseminando no país o conhecimento dessa tecnologia.
- Foram realizados trabalhos de campo de trabalho coletar experiências atuais, fornecer informações sobre o impacto e orientar a implementação de NCIT, discutir as vantagens e desvantagens e práticas recomendadas.
- O GT 031, contou com mais de 30 integrantes representando Fabricantes, Condições de Pesquisa, Instituições de Ensino, Órgãos Governamentais e não Governamentais do setor elétrico.
- Foi produzida uma Brochura:



Brochura CIGRE 031 - Estudo e Disseminação das Tecnologias de Transformadores de Instrumentos de Baixa Potência (LPIT) (365 pgs)



GT-CIGRE-NCIT - Estudo e Disseminação das Tecnologias de Transformadores de Instrumentos Não Convencionais (NCIT)

Sub-grupo 1 : Pesquisa/Desenvolvimento

- Tecnologias consolidadas, Princípios de funcionamento
- Materiais estratégicos, Influências físicas externas
- Técnicas de processamento de sinais, Novas tecnologias
- Grupos de pesquisa no Brasil e no mundo
- Ações vinculadas a transferências de tecnologia

Sub-grupo 4 : Operação/Manutenção

- Procedimentos de instalação, operação e manutenção
- Interoperabilidade, Sincronismo, Segurança cibernética
- impacto de NCIT em subestações existentes
- Vantagens e desvantagens
- Principais barreiras técnicas
- Custo/benefício
- Pesquisa nas concessionárias: uso de NCIT
- Capacitação do corpo técnico concessionárias

Sub-grupo 2 : Regulamentação/Normalização

- Aspectos regulamentatórios
- Principais barreiras comerciais
- Ação governamental
- Grupos de estudo
- Normas vigentes e em elaboração

Sub-grupo 3 : Qualificação/ Testes Piloto

- Modelos disponíveis no mercado
- Recomendações de aplicação, Limitações de uso
- Instituições capacitadas para qualificação
- Resultados de testes de qualificação
- Experiências de uso em concessionárias no Brasil e no mundo.
- Impactos do NCIT em subestações existentes (aspectos de instalação, arquitetura, sistemas de proteção, etc);
- Pesquisa na indústria: disponibilidade e novos produtos



GT-CIGRE-LPIT - Estudo em Aplicações, Testes e Regulamentação das Tecnologias de Transformadores para Instrumentos de Baixa Potência (LPIT)

- O principal objetivo deste GT é favorecer a disseminação do uso da tecnologia LPIT pelas empresas do setor elétrico brasileiro, através da realização de estudos e disponibilização de conhecimentos sobre:
 - ✧ aplicações práticas dos LPIT,
 - ✧ regulamentação e normalização aplicáveis aos mesmos.

- São também objetivos deste GT:
 - ✧ coletar exemplos de experiências atuais,
 - ✧ obter e disponibilizar informações sobre testes e ensaios, em laboratórios e em campo, dos LPIT,
 - ✧ estimular e orientar a implementação de projetos estratégicos de aplicações de LPIT;
 - ✧ divulgar os conhecimentos coletados e gerados no GT por meio de publicações em veículos pertinentes da área.



GT-CIGRE-LPIT e a TRILHA DE IMPLANTAÇÃO DOS LPIT

- O GT trabalha desde 2022 com 12 integrantes representando Fabricantes, Concessionárias, Instituições de Pesquisa, Instituições de Ensino, Órgãos Governamentais e não Governamentais do setor elétrico.
- O GT pretende contribuir para a **TRILHA DE IMPLANTAÇÃO DOS LPIT**:
 - ✧ Obtendo informações sobre as aplicações disponíveis dos LPIT;
 - ✧ Estudando os impactos dos usos dos LPIT usando ferramentas de análise por modelos de negócio;
 - ✧ Discutindo Regulamentações e Normalizações aplicáveis aos LPIT (Normas IEC, Normas ABNT, Procedimentos de rede, portarias do INMETRO, etc.) e oferecendo sugestões ao aprimoramento da legislação e regulamentação em vigor;
 - ✧ Prospectando as diretrizes de teste e validação de LPIT incluindo calibração, testes de rotina de fábrica, testes de aceitação em campo, interoperabilidade, manutenção e redundância;
 - ✧ Estimulando P&D Estratégico sobre o uso de LPITs junto à ANEEL e Projetos Piloto nas Concessionárias;
 - ✧ Elaborando documentos e divulgando-os no CIGRE BR e na comunidade do setor elétrico brasileiro.

GT-CIGRE-LPIT e a TRILHA DE IMPLANTAÇÃO DOS LPIT

Sub-grupo 1 : Aplicações Práticas dos LPIT no Brasil

- Revisar as experiências publicadas das Aplicações Práticas dos LPIT no Brasil e em outros países:
 - Foram encontrados 26 exemplos recentes de aplicações em outros países e pelo menos 4 aplicações no Brasil (Power Opticks, Optsensys);

- Obter informações sobre





GT-CIGRE-LPIT e a TRILHA DE IMPLANTAÇÃO DOS LPIT

Sub-grupo 2 : Regulamentação/Normalização

- Discutir Regulamentação e normalização aplicáveis aos LPIT:
 - Normas IEC-ABNT (61850-9-2, 61869);
 - Procedimentos de rede ONS, Submódulos:
 - ❖ 2.6 - Requisitos mínimos para subestações e seus equipamentos,
 - ❖ 2.11 - Requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e de teleproteção,
 - ❖ 2.14 - Requisitos mínimos para o Sistema de Medição para Faturamento,
 - ❖ 6.16 - Manutenção do Sistema de Medição para Faturamento,
 - ❖ 7.11 - Implantação do Sistema de Medição para Faturamento.
 - Portarias do INMETRO (586/2012, 587/2012, 371/2007 e 221/2022),
- Oferecer sugestões ao aprimoramento da legislação e regulamentação em vigor.



GT-CIGRE-LPIT e a TRILHA DE IMPLANTAÇÃO DOS LPIT

Sub-grupo 3 : Ensaios, testes e validação de LPITs

- Prospectar as diretrizes de teste e validação de LPIT:
 - Calibração (LPITs e Medidores),
 - testes de rotina de fábrica,
 - testes de aceitação em campo,
 - interoperabilidade, manutenção e
 - redundância.
- Prospectar os aspectos de padronização e certificação para:
 - proteção,
 - medição e
 - qualidade da energia.
- Estudar os aspectos de operação e tempo de vida considerando:
 - segurança,
 - EMC,
 - vida útil dos componentes dos sensores e dos conversores de sinais.



GT-CIGRE-LPIT e a TRILHA DE IMPLANTAÇÃO DOS LPIT

Sub-grupo 4 : Ações Estratégicas para Disseminação de Uso

- Apresentações de trabalhos em eventos do setor:
 - XXVI SNPTEE - 2022
 - XVISTPC - 2022;
 - CIGRE Session Conference (comunicação)
- Publicações de trabalhos em veículos da área:
 - Brochura CIGRE 031;
- Estimular P&D Estratégico (junto à ANEEL): Proposta enviada contemplando:
 - Realizar Projetos Piloto de Subestações Digitais contendo os LPITs,
 - Desenvolver e implementar a infraestrutura metrológica nacional para apoiar o crescente processo de digitalização das instalações do sistema elétrico brasileiro envolvendo capacitação metrológica do INMETRO e dos laboratórios acreditados integrantes da Rede Brasileira de Calibração (RBC)



GT-CIGRE-LPIT e a TRILHA DE IMPLANTAÇÃO DOS LPIT

CONCLUINDO:

- A TRILHA DE IMPLANTAÇÃO DOS LPIT:
 1. É sinérgica com a implantação das subestações digitais (barramento de processos viabilizando interfaceamento LPITs-IEDs);
 2. Necessita de Regulamentação atualizada e adequada;
 3. É favorecida pela diminuição das barreiras culturais de aceitação (fruto da introdução das SD);
 4. Passa pela familiarização com a tecnologia viabilizada por Projetos Piloto;
 5. Necessita da atualização do sistema metrológico (para alcançar a plena utilização das suas vantagens inerentes em SMF)

- Ao final: Permitirá a plena realização do conceito da Subestação Digital levando a digitalização para junto das grandezas primárias!

Workshop B5 - Subestação Digital: Desafios e Perspectivas

9 e 10 de agosto de 2023 - Florianópolis/SC



GT-CIGRE-NCIT
GT-CIGRE-LPIT
Agradecimento

OBRIGADO!

Prof. Dr. Josemir Coelho Santos
Departamento de Eng. de Energia e Automação Elétricas
Escola Politécnica da USP
E-mail: josemir.santos@usp.br



WORKSHOP SUBESTAÇÃO DIGITAL DESAFIOS E PERSPECTIVAS

9 E 10 DE AGOSTO DE 2023

MAJESTIC PALACE HOTEL

FLORIANÓPOLIS/SC

PATROCÍNIO:



SCHWEITZER
ENGINEERING
LABORATORIES

SIEMENS

REALIZAÇÃO:

APOIO:

