

# Pesquisa Aplicada de Sensores para Utilização em Sistemas de Monitoramento Contínuo de Disjuntores e Transformadores, com Base em Produtos Disponíveis no Mercado

Eduardo M. Carneiro - CTEEP  
Humberto A Pizza Silva – IEE - USP

**Resumo**—Este artigo apresenta o resultado do trabalho de pesquisa e desenvolvimento, envolvendo o estudo a análise a aplicação e avaliação de desempenho de sensores aplicáveis a sistemas de monitoramento de disjuntores e transformadores. Enfoca sensores de pressão de ar comprimido, sensores de pressão de gás SF<sub>6</sub>, sensores de umidade. Enfoca também o trabalho desenvolvido para a integração de dados entre dois sistemas de monitoramento diferentes e a integração de informação proveniente de sensor de gases dissolvidos em óleo isolante a partir da utilização de unidade remota de baixo custo, visando a instalação “stand alone” destes sensores. Este trabalho foi desenvolvido juntamente com o Instituto de Eletrotécnica e Energia da USP.

**Palavras-chave**— Monitoramento, Sensores de pressão para: ar comprimido, e gás SF<sub>6</sub>, sensor de umidade e para gases dissolvidos em óleo isolante.

## I. INTRODUÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido dentro do enfoque de monitoramento, visando gerar subsídio para aquisição de sensores no mercado, que possam ser aplicados ao monitoramento de equipamentos de subestações, particularmente disjuntores e transformadores. A motivação para a realização deste trabalho está fundamentada em experiência anterior de aquisição de sensores para aplicação em monitoramento de disjuntores e transformadores, que exigiram, em função da baixa qualidade, desligamento de equipamentos para manutenção de sensores, o que é um contra senso, pela ótica de monitoramento, que preconiza a instalação de sensores exatamente para otimizar desligamentos de equipamentos, possibilitando desligamentos programados somente quando estritamente necessários.

A aquisição de sensores principalmente aqueles aplicados a sistemas de comando e ao meio de extinção de disjuntores, aqueles aplicados ao monitoramento de transformadores - a temperatura de óleo, gases dissolvidos em óleo isolante, teor de umidade presente no óleo isolante, devem apresentar características de confiabilidade que extrapolam por muitas vezes aquelas de componentes disponíveis no mercado, destinados a outras aplicações. A experiência da CTEEP em sensores de ar comprimido, sensores de temperatura de óleo em transformadores dentre outras envolvendo aquisição de

sensores para monitoramento demonstrou a necessidade de refinar estas especificações com o objetivo de melhor qualificar tais sensores.

O projeto proposto, em dois anos, pesquisou e avaliou dispositivos e sensores comerciais aplicáveis ao sistema de monitoramento de disjuntores e transformadores e desenvolveu um modelo de integração desses dispositivos com o sistema existente.

Esta pesquisa possibilitou identificar as soluções disponíveis que apresentam características compatíveis com a aplicação, do ponto de vista técnico e de custo, no mercado

## II. RESULTADOS ALCANÇADOS

Como resultado final do projeto, foram elaborados relatórios conclusivos contendo um levantamento com base na relação dos sensores de mercado, os quais estão citados a seguir.

O projeto em questão teve um período total de dois anos. No início do projeto, as atividades originalmente previstas no contrato, “Estudo dos Tipos de Sensores”, “Avaliação dos Sensores” e “Desenvolvimento do modelo de Integração”, foram detalhadas, visando obter resultados práticos e concretos mais rapidamente.

Os sensores avaliados foram:

1. Sensor de Gás Dissolvido no Óleo Isolante (fabricante. Treotech);
2. Sensor de umidade Domino (fabricante Doble);
3. Unidade “uMON”, de coleta de dados do sensor de gás dissolvido no óleo isolante Hydran 201ti (fabricante GE Syprotec);
4. Sensor de pressão de ar comprimido para disjuntores (fabricantes: Hytronic, Presssys, Wika, Incon e da Acros);
5. Sensor de pressão de gás SF<sub>6</sub> para SE’s blindadas (fabricante STS).
6. Integração do Sistema de monitoramento de transformadores do fabricante SIEMENS com o sistema do IEE

Os resultados finais obtidos estão apresentados nos seguintes relatórios emitidos em maio de 2004, cujas conclusões estão transcritas neste artigo, e os mesmos encontram-se disponíveis na íntegra, na CTEEP e no IEE, com a gerência do projeto, nos relatórios respectivos de avaliação de de-

sempenho emitidos em maio de 2004.

Um resumo do resultado alcançado está descrito, a seguir, neste trabalho, que foi extraído dos relatórios parciais/mensais de acompanhamento de desempenho de cada sensor avaliado.

### III. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DA METODOLOGIA ADOTADA NO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Foram pesquisados e instalados em campo, para avaliação de desempenho, sensores e dispositivos existentes no mercado. Esses sensores foram analisados com relação aos aspectos de qualidade, durabilidade, precisão, facilidade de instalação e integração ao sistema de monitoramento existente.

Nos casos aplicáveis, os sensores e dispositivos foram avaliados com base em uma análise comparativa dos mesmos a uma referência confiável, existente nos laboratórios da CTEEP.

Em outros casos, os sensores e dispositivos foram, com base na confiabilidade e disponibilidade das informações fornecidas pelos fabricantes.

A metodologia foi definida caso a caso conforme abaixo, e os períodos para a avaliação de cada sensor foram definidos em função do tipo de cada um deles, considerando protótipo, produto de mercado, estão descritos no item 6 deste relatório, na tabela “Acompanhamento do Cronograma Físico”:

1. Sensor de Gás Dissolvido no Óleo Isolante (fabricante. Tretech);

*Metodologia:* avaliação embasada na comparação dos dados obtidos através das leituras diárias tomadas diretamente no sensor e dados das análises cromatográficas, realizadas quinzenalmente.

*Período de Avaliação:* Este protótipo, devido a sua complexidade técnica, foi avaliado por 20 meses compreendidos no período de setembro de 2002 a abril de 2004.

2. Sensor de umidade Domino (fabricante Doble);

*Metodologia:* comparação periódica bimensal dos dados obtidos através de leitura bimensais destes sensores com os dados obtidos das análises de laboratório. A tese comprovada na avaliação destes sensores foi: demonstrar por comparação ao método Karl Fischer, através de medições periódicas, que as medições são confiáveis mesmo após o período para calibração, de 18 meses, sugerido pelo fabricante.

*Período de Avaliação:* Este sensor foi avaliado por período de 16 meses, compreendidos entre outubro de 2002 a janeiro de 2004. Data esta última que extrapola o período recomendado pelo fabricante para realização de calibrações no exterior. A avaliação final demandou ensaios adicionais em laboratório para confirmar a exatidão do sensor, vinte e quatro meses após ter sido instalado em campo., tempo este

necessário para confirmação de nossa tese de que o sensor pode permanecer instalado por mais de vinte e quatro meses sem calibração e apresentando funcionamento normal.

3. Unidade “uMON”, de coleta de dados do sensor de gás dissolvido no óleo isolante Hydran 201ti do fabricante GE Syprotec

*Metodologia:* acompanhamento quinzenal on-line do valor medido em campo via hardware uMON, através de acesso remoto, para comparação com os valores lidos no display do sensor Hydran.

*Período de Avaliação:* Este sensor foi avaliado por período de 11 meses, compreendidos entre junho de 2003 a abril de 2004, período este considerado suficiente para constatar a não confiabilidade do equipamento e necessidades de melhorias no projeto.

4. Sensores de pressão de ar comprimido para disjuntores (fabricantes: Hytronic, Pressys, Wika, Incon e da Acros);

*Metodologia:* avaliação embasada na disponibilidade da informação monitorada, na confiabilidade dos dados obtidos e na praticidade de montagem. A disponibilidade foi verificada diretamente no sistema de monitoramento existente no IEE – USP e a confiabilidade da informação foi verificada através de verificações periódicas no local. O período de avaliação da informação iniciou-se com periodicidade diária, passando a semanal e finalmente mensal.

*Período de Avaliação:* O período de avaliação iniciou-se em novembro de 2002 e prosseguiu até maio de 2004. Período este utilizado para avaliação de sensores de 5 (cinco) fabricantes diferentes. Sendo que os sensores dos fabricantes Hytronic e Pressys foram avaliados de novembro de 2002 a janeiro de 2003; os sensor do fabricante Wika foi avaliado de fevereiro de 2003 a maio de 2004 e os sensores dos fabricantes Acros e Incon, foram avaliados de fevereiro a maio de 2004. O período, mínimo considerado necessário e suficiente para avaliação destes sensores é de 90 dias, em função das condições de operação dos mesmos.

5. Sensor de pressão de gás SF6 para SE’s blindadas (fabricante STS).

*Metodologia:* acesso remoto quinzenal para comparar as leituras coletadas pelo sistema de monitoramento com as leituras dos manômetros no local da instalação do sensor de SF6.

*Período de Avaliação:* Este sensor foi avaliado por período de 13 meses, compreendidos entre maio de 2003 a maio de 2004, período este considerado necessário, para constatar a não confiabilidade do equipamento e necessidades de melhorias no projeto. Não fosse a dificuldade de acesso às informações de campo, este período poderia ter sido menor.

6. Integração do Sistema de monitoramento de transformadores do fabricante SIEMENS com o sistema do IEE.

*Metodologia:* verificação, via software aplicativo VNC (Virtual Network Computer), semanal no primeiro mês e

mensal do segundo mês em diante, para o acompanhamento e a avaliação da solução implementada.

**Período de Avaliação:** Esta integração de sistema vai além da integração de um único sensor e propôs a integração de diversos sensores já no nível de tratamento de dados entre dois sistemas de monitoramento diferentes. Esta integração foi avaliada por período de 10 meses, compreendidos entre agosto de 2003 a abril de 2004, período este considerado suficiente para constatar a não confiabilidade da dinâmica proposta para integração de dados entre dois sistemas de monitoramento diferentes.

#### IV. RESULTADOS ESPERADOS X DISCREPÂNCIAS VERIFICADAS

Os resultados esperados da pesquisa foram plenamente alcançados sem discrepâncias consideráveis dado o fato de que houve um re-planejamento das atividades de forma a detalhar as ações práticas para que o objetivo do projeto fosse plenamente atingido, como mostrado na tabela: “Acompanhamento do Cronograma Físico” (vide item 6 deste relatório).

Abaixo estão apresentados, em forma de síntese item a item, os resultados alcançados com as respectivas considerações conclusivas:

##### 4.1. Sensor de gás dissolvido no óleo isolante (fabricante Treotech):

**Resultados esperados:** Avaliação de desempenho conclusiva, do sensor de gases dissolvidos em óleo isolante do fabricante Treotech.

**Resultados verificados:** Com base nos dados coletados em campo verifica-se que o sensor apresentou desempenho insatisfatório e necessita de melhoria e/ou reparos no fabricante.

Em razão dos diversos períodos de indisponibilidade do sensor e perda de exatidão, em sua versão avaliada, o mesmo não está operacional.

##### 4.2. Sensor de umidade Domino (fabricante. Doble):

**Resultados esperados:** Demonstrar a possibilidade de utilização deste sensor, em transformadores, com calibração periódica em prazo superior ao recomendado pelo fabricante.

**Resultados verificados:** Os dados obtidos em campo durante os 24 meses desta avaliação, demonstraram a estabilidade do sensor.

Os ensaios em laboratórios demonstraram a exatidão do sensor, mesmo após o período a partir do qual o fabricante recomenda calibração.

Portanto a utilização deste sensor em transformadores pode ser feita, por período superior a 24 meses, sem prejuízo da exatidão e sem necessidade de calibração, confirmando a expectativa da avaliação.

##### 4.3. Avaliação de Desempenho da unidade uMON, na coleta de dados do sensor de gás - Hydran 201i (fab GE Syprotec):

**Resultados esperados:** Avaliar o comportamento e o desempenho da unidade uMON na aplicação de coleta remota de dados do sensor de gás Hydran 201i, integrada a um sistema de monitoramento existente.

**Resultados verificados:** O primeiro protótipo instalado demonstrou necessidade de melhoria de projeto no tocante a aterramento e protetores contra surtos, de forma a suportar os surtos de tensão de manobra na SE.

O segundo protótipo instalado apresentou melhoria no que diz respeito à interferência eletromagnética e exatidão dos dados coletados, porém o sistema de comunicação da uMON apresentou novas falhas no conversor.

Pelos dados coletados em campo, o protótipo avaliado, apresentou desempenho insatisfatório, e não está operacional.

##### 4.4. Sensor de pressão de ar comprimido para disjuntores (fabricantes: Hytronic, Pressys, Wika, Incon e da Acros)

**Resultados esperados:** Identificar os sensores de pressão de ar comprimido, de mercado, aplicáveis a disjuntores PK-6 instalados na SE Cabreúva.

**Resultados verificados:** Os sensores avaliados, do fabricante Hytronic, são adequados para a utilização nos disjuntores PK's, desde que observadas as características de sobrepresão admissível de 4 a 5 vezes a pressão nominal de serviço, quando da especificação de aquisição.

Os sensores do fabricante Pressys utilizados são com segurança intrínseca, isto é a prova de explosão, apresentam maiores dimensões do que os sensores normais, razão pela qual exigem adaptações mecânicas para instalação. Apresentaram resultados satisfatórios sem nenhuma restrição funcional e são adequados para a aplicação.

Os sensores da Wika, apresentaram resultados satisfatórios sem nenhuma restrição funcional, e são adequados para a aplicação.

Os sensores da Incon e da Acros, apresentaram, até o momento resultados satisfatórios sem nenhuma restrição funcional.

##### 4.5. Sensor de pressão de gás SF6 para SE's blindadas (fabricante. STS)

**Resultados esperados:** Avaliação de desempenho conclusiva, do sensor de pressão de gás SF6 do fabricante STS;

**Resultados verificados:** Os dados coletados em campo, demonstram que o sensor avaliado, apresentou comportamento satisfatório e é recomendado para aplicações em SE's blindadas a SF6.

##### 4.6. Avaliação de Desempenho da Integração do Sistema de Monitoramento da SIEMENS com o Sistema do IEE-USP

**Resultados esperados:** Avaliação de desempenho conclusiva, da integração do sistema de monitoramento da SIEMENS com o sistema do IEE-USP.

**Resultados verificados:** O mecanismo concebido para a integração destes dois sistemas, necessita de melhorias visando sanar os problemas de processamento de dados constatados.

O mecanismo de integração permaneceu operacional por pouco tempo dentro do período de avaliação, demonstrando não ser estável o suficiente para prover este tipo de integração.

O mecanismo de geração de arquivos pelo sistema SIEMENS, necessita ser revisado, para recuperar o funcionamento da integração entre os dois sistemas.

Há que se ressaltar que neste período houve incidência de vírus na intranet da CTEEP e o sistema operacional utilizado estava susceptível a vírus, o que pode ter comprometido o desempenho sob avaliação.

#### V. ESTRATÉGICA DE DIFUSÃO TECNOLÓGICA DOS RESULTADOS DA PESQUISA.

A transferência / difusão da pesquisa ocorrerá através de eventual apresentação em seminários ou congressos e participação de seminários internos ao IEE – CTEEP e ainda na utilização prática e direta dos sensores e dispositivos, em diversas outras aplicações da CTEEP.

#### VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Sistemas de monitoramento e diagnóstico de equipamentos de subestações, P&D ANEEL IEE/USP-CTEEP-EPTE-BANDEIRANTE-CGEET-CESP-CPFL, ciclo 1998/2000;

[2] Implantação de sistemas especialistas de equipamentos de subestações - P&D ANEEL IEE/USP-CTEEP-EPTE-BANDEIRANTE-CGEET-CESP-CPFL, ciclo 2000/2002;

[8] Manual e fichas de dados técnicos dos sensores dos fabricantes Hytronic sensores de pressão piezoresistivo da linha TM, Wika do Brasil sensores tipo Strain gage da linha S-10, Across sensores tipo strain gage da linha TP-ST 18, Incon tipo strain gage da linha PSI-420 (TM 100), STS sensor tipo DTM serie 28E, Presys sensores piezoresistivo da linha TY, Doble sensor Domino, GE Syprotec sensor Hydran 201i, referentes aos sensores utilizados.