



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

CB/GPC/33

22 a 25 de outubro de 2017  
Curitiba - PR

**GRUPO - V  
GRUPO DE ESTUDO DE PROTEÇÃO, MEDIÇÃO, CONTROLE E AUTOMAÇÃO EM SISTEMAS DE POTÊNCIA -  
GPC**

**A NECESSIDADE DE PADRONIZAÇÃO DOS TESTES DE PERFORMANCE RELACIONADOS A NORMA IEC  
61850: UM PARALELO ENTRE A ETAPA DE PROJETO E A MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO  
DE SUBESTAÇÕES (SAS)**

**Samuel Gonçalves Carvalho (\*)  
LOGIX**

**Leonardo Silvestrini de Melo  
LOGIX**

**Rafael Bernardes Ferreira  
LOGIX**

**RESUMO**

O objetivo deste trabalho é discutir os requisitos a serem considerados nas etapas de concepção e projeto dos Sistemas de Automação de Subestações (SAS), como meio de se padronizar a execução de testes de validação da norma IEC-61850. Ao analisar a abrangência dos testes de conformidade definidos pela norma IEC 61850-10, são discutidas condições para aplicação de funcionalidades sistêmicas, com o objetivo de se obter dados para análise da rede de comunicação. Por fim o trabalho defende a utilização destas funcionalidades pelas equipes de manutenção para validar o funcionamento dos equipamentos de proteção e controle com a subestação em operação.

**PALAVRAS-CHAVE**

IEC 61850, Automação, Subestação, Performance, Manutenção

**1.0 - INTRODUÇÃO**

Passado ao menos uma década de aplicação de IEDs (Intelligent Electronic Devices) baseados na Norma IEC 61850 em Sistemas de Automação de Subestações (SAS) é um consenso na comunidade do setor elétrico que muito ainda deve ser feito para garantir a devida aplicação da norma, desde a fase de especificação e projetos, até a etapa de implementação. Toda esta necessidade passa desde a reestruturação organizacional das empresas do setor elétrico até a devida especialização e o treinamento dos profissionais de operação e manutenção destas empresas.

Como ainda fica evidente a falta de equalização das equipes técnicas sobre os conceitos e detalhes da norma, faz-se necessário especificar e padronizar os ensaios a serem executados durante as etapas de testes de aceitação em fábrica e em campo, não deixando apenas a cargo da experiência dos técnicos das concessionárias e das empresas integradoras a execução de testes específicos da Norma IEC 61850. Esta padronização visa permitir que, posterior a entrada em operação da subestação, testes de performance padronizados e executados durante TAF (Teste de Aceitação em Fábrica) e TAC (Teste de Aceitação em Campo) sejam repetidos de maneira simples, objetiva e sem riscos à segurança do sistema, com a subestação em operação.

**1.1 Análise da norma IEC 61850-10**

O capítulo 10 da norma IEC 61850 (1), especifica as técnicas para a execução dos ensaios de tipo e testes de conformidade, como meio de garantir que os fabricantes cumpram os requisitos aplicáveis a norma como forma de reduzir o risco de problemas durante a integração dos sistemas. Basicamente durante os testes de conformidade,

(\*) Rua Alvarenga Peixoto, n° 295 - 6º andar - CEP 30.180-120 Belo Horizonte, MG - Brasil  
Tel: (+55 31) 2551-3600 - Email: samuel.carvalho@logixs.com.br

previstos pela norma, são avaliadas os itens abaixo:

- a. A documentação, hardware e software do dispositivo em teste.
- b. A análise dos arquivos XML, como CID e ICD, bem como a atualização dos dispositivos em testes mediante alterações dos arquivos SCD.
- c. O modelo de dados (*data model*) do dispositivo em teste, onde são verificados a nomenclatura dos objetos de dados e a estrutura dos componentes funcionais.
- d. O mapeamento de modelos ASCII e testes de serviços específicos, no qual são analisados os modelos de *Data Set*, *Control*, *Report Control*, dentre outros.

Em relação aos requisitos de performance, detalhados na IEC 61850-5, a IEC 61850-10 define que deve ser executado um sistema de teste, com o objetivo de medir o tempo de latência através da geração de uma seqüência de disparos de entrada físico ou virtual para o IED e, medindo o retardo para a mensagem correspondente gerada pelo IED. O tempo médio de latência e o desvio padrão devem ser calculados através das respostas a 1000 eventos de entrada (1). O princípio do teste de performance aplicado às mensagens GOOSE é representado na Figura 1. Além do teste de performance de mensagens GOOSE, a IEC 61850-10 também apresenta as diretrizes para a execução do teste para validação da funcionalidade de sincronismo dos IEDs.

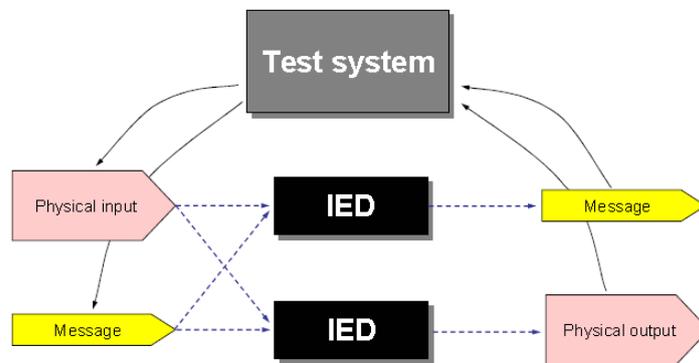


FIGURA 1 - Teste de Performance (1)

Analisando o diagrama de teste proposto é possível constatar que a execução de testes de performance da IEC 61850-10 está voltada para a validação das funcionalidades dos IEDs individualmente, através da definição de uma arquitetural conceitual e fazendo uso inclusive de simuladores para executar tais testes. Desta forma, estes ensaios não garantem que todos os requisitos funcionais e de desempenho sejam cumpridos. Estes requisitos deverão ser verificados durante os testes de aceitação, no qual é considerada a integração de todos os componentes em rede, como IEDs, switches, IHMs, sincronizadores GPS, dentre outros.

## 2.0 - A MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO DE SUBESTAÇÕES

A validação de determinadas funcionalidades de proteção e controle é feita durante os testes de aceitação em fábrica e em campo mediante da utilização do Plano de Inspeção e Teste (PIT), elaborado de acordo com cada projeto ou aplicação desenvolvida. Em se tratando de testes de performance, no caso da validação do envio e recebimento de mensagens GOOSE, a execução destes testes e análise dos resultados são basicamente discutidos e analisados de acordo com a experiência dos profissionais das concessionárias de energia e das empresas integradoras.

Após o comissionamento e energização da subestação é nítida a dificuldade em se efetuar a manutenção dos equipamentos e dispositivos com a subestação em operação. Algumas tarefas de manutenção dependem, evidentemente de desligamentos programados para serem executadas. Muitas destas atividades estão definidas conforme Plano Mínimo de Inspeção, definido pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) ou conforme definido pelas próprias concessionárias. Basicamente, as atividades de manutenção estão vinculadas a inspeções nos equipamentos primários das subestações, como transformadores, disjuntores, seccionadoras, dentre outros, não estão, necessariamente, relacionados ao SPCS (Sistema de Proteção, Controle e Supervisão) da subestação.

Considerando a digitalização das subestações e a evolução das tecnologias aplicadas, é possível gerar dados e informações do funcionamento dos equipamentos que compõem a arquitetura dos Sistemas de Automação de Subestações, auxiliando as equipes de manutenção e reduzindo o tempo de desligamento das subestações ou bays. Para isto, a elaboração dos projetos deve não apenas se ater à Medição, Proteção, Controle e Supervisão das

Subestações, mas também à Manutenção. Assim sendo, durante a etapa de Projeto Detalhado, deve-se prever, via Diagramas Funcionais e Lógicos dos painéis a inclusão de lógicas sistêmicas, exclusivas para a Manutenção.

### 3.0 - DEFININDO AS FUNCIONALIDADES DE MANUTENÇÃO EM SPCS

Com o objetivo de que funcionalidades de manutenção sejam incluídas nos projetos de automação de subestações, é natural que sejam tratadas como definição da equipe de projetos juntamente com a equipe de manutenção da concessionária de energia, isto é, não devem ser tratadas como exigências mínimas, mas a implementação de cada uma deve ser analisada caso a caso. Deve-se considerar também o custo e a viabilidade da implementação da cada funcionalidade.

As funcionalidades sugeridas para implementação dos Sistemas de Proteção, Controle, Supervisão e Manutenção (SPCSM), serão tratadas nas seções a seguir.

#### 3.1 Teste de performance para mensagens MMS (*Manufacturing Message Specification*)

O objetivo desse teste é calcular o tempo de tráfego e processamento no envio de comandos do sistema de supervisão para os IEDs e o retorno da confirmação. A execução deste teste está vinculada a criação de variáveis internas e de comunicação entre dispositivos, tanto no SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), quanto nos IEDs. Estas variáveis são exclusivas para manutenção e não deverão acarretar em nenhuma interferência nas funções de proteção e controle dos IEDs.

O teste de performance das mensagens MMS, faz a verificação do tempo de latência de um comando efetuado no SCADA, podendo ser a Estação de Operação Local, até o efetivo recebimento deste comando no IED 1. O cálculo da diferença do tempo ( $t_A$ ) é feito no SCADA, mediante elaboração de lógica interna capaz de comparar o *timestamp 1* com o *timestamp 2*, conforme abaixo:

- Tempo da mensagem de comando:  $t_A = \text{timestamp1} - \text{timestamp2}$

Na Figura 2, é representada a funcionalidade para teste de performance de mensagens MMS.

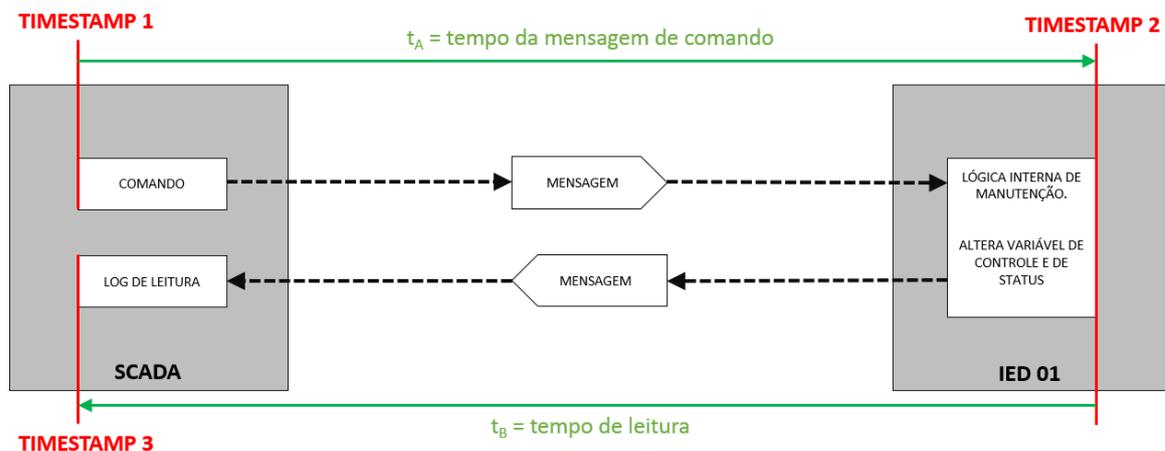


FIGURA 2 - Teste de performance para mensagens MMS

#### 3.2 Teste de performance para mensagens GOOSE (*Generic Object Oriented Substation Event*)

A execução do teste de performance das mensagens GOOSE deve ser feita através da medição do tempo de *delay* entre o envio da mensagem GOOSE de um IED até o recebimento desta mensagem pelo segundo IED.

Na Figura 3, é indicado o *transfer time*, relativo ao tempo de envio e recebimento da mensagem GOOSE do PD1 (Physical Device 1) até o PD2.

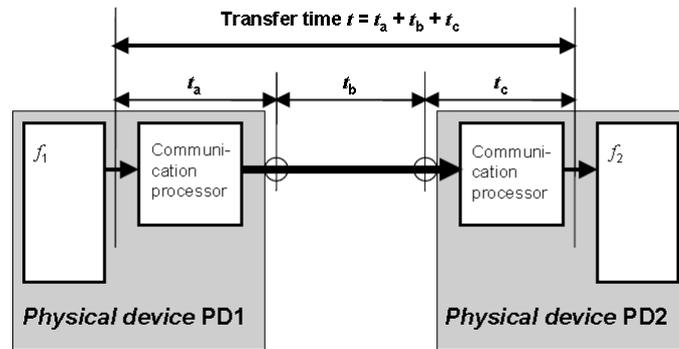


FIGURA 3 - Definição de tempo de transferência (1)

Para a definição da funcionalidade de que visa executar o teste performance das mensagens GOOSE é incluído no SCADA um comando, responsável por disparar o *trigger* que aciona o envio da mensagem GOOSE do IED 1 para o IED 2, conforme indicado na Figura 4.

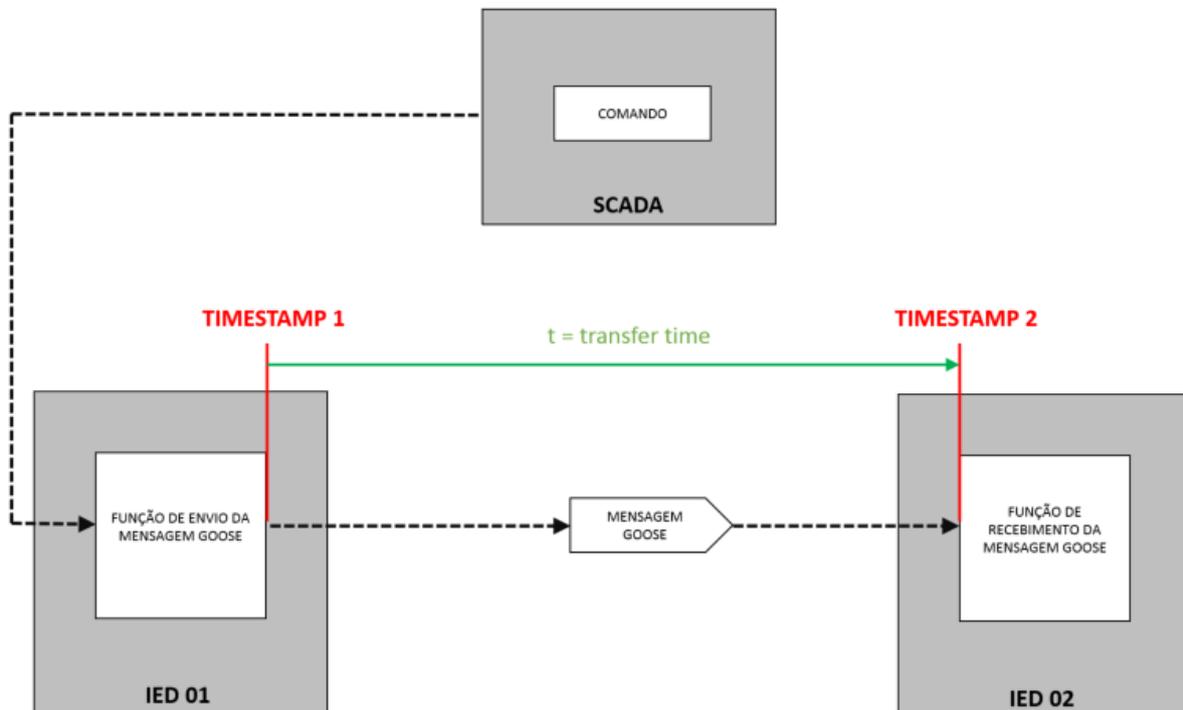


FIGURA 4 - Definição de tempo de transferência

No sistema SCADA, é criada uma lógica interna, que calcula o tempo de transferência da mensagem GOOSE. Este valor é registrado. Deve-se prever o envio das mensagens GOOSE de teste entre os IEDs que efetivamente irão enviar ou receber mensagens deste tipo de acordo com o projeto, mas isso não impede que esta funcionalidade também seja elaborada para os demais IEDs ou também para aqueles que poderão, no futuro, trabalhar com este protocolo.

Da mesma forma como para as mensagens MMS, as variáveis criadas para o teste das mensagens GOOSE não devem interferir no funcionamento das demais lógicas de proteção e controle. Como dito anteriormente, esta funcionalidade deve ser testada durante as etapas de testes em fábrica e testes em campo, como meio de comprovar a sua eficiência.

### 3.3 Verificação das informações de rede via SNMP (*Simple Network Management Protocol*)

As informações disponibilizadas pelo protocolo SNMP são de grande importância tanto para manutenção quanto para a operação de Sistemas de Automação de Subestação, pois possibilita a aquisição de informações dos demais equipamentos que compõem a arquitetura de comunicação além dos IEDs. Deste modo é possível prever algumas falhas no sistema utilizando o protocolo SNMP, aumentando a disponibilidade e confiabilidade da rede elétrica

Para o caso dos switches de proteção e medição que compõem o SAS, o acompanhamento histórico da temperatura do equipamento, da taxa de processamento da CPU, além do status das portas de comunicação, se caracteriza como uma ótima ferramenta de manutenção.

Considerando que geralmente as arquiteturas utilizam topologias que configuram grande capacidade de redundância a possibilidade de analisar os dados podem prever falhas no sistema através da utilização do protocolo SNMP aumentando a disponibilidade e confiabilidade da rede elétrica (5).

O protocolo SNMP é baseado em gerentes e agentes, onde ambos utilizam a base de gerenciamento das informações MIB (*Management Information Base*) que é um pequeno conjunto de comandos para troca de informações. Essas informações são disponibilizadas em uma estrutura de árvore com variáveis individuais como pontos de status ou descrições de estado (6). Desta forma, é possível desenvolver em um SCADA o conjunto necessário para fazer a aquisição das informações. Os dados coletados são disponibilizadas na tela de manutenção do sistema supervisorio.

### 3.4 Verificação do sincronismo dos IEDs

Na norma IEC-61850-10 é indicada a metodologia adequada para a validação do *timestamp* gerado pelo IED dado determinado evento. Desta forma, deve-se gerar o evento e este evento desencadeia eventos físicos dentro do IED, com tempos precisos registrados para cada evento. Uma função de analisador de sistema de teste recupera o *timestamp* de tempo de cada evento do IED e compara-o com o tempo gravado da geração de eventos (1), conforme Figura 5.

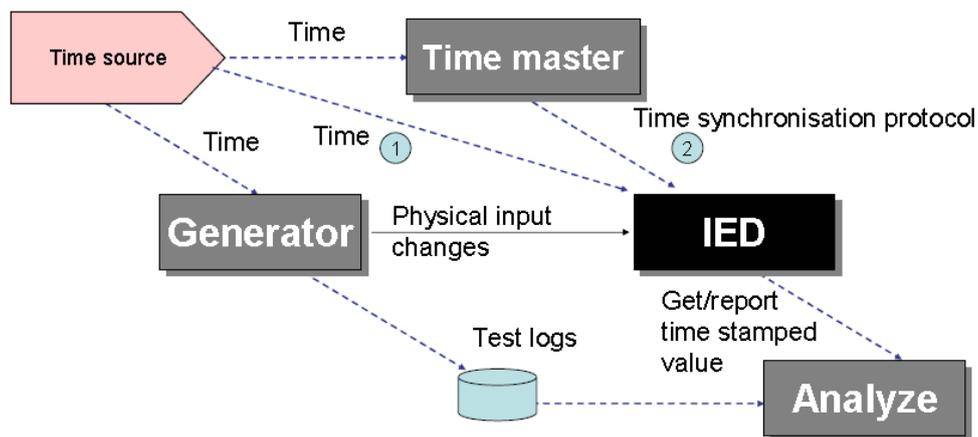


FIGURA 5 - Sincronismo e teste de precisão (1)

Conforme verificado é necessário disponibilizar entradas digitais nos IEDs para a execução desta funcionalidade além de ser necessário comparar o *timestamp* com um segundo equipamento, ou até mesmo, com um segundo IED, conforme indicado na Figura 6.

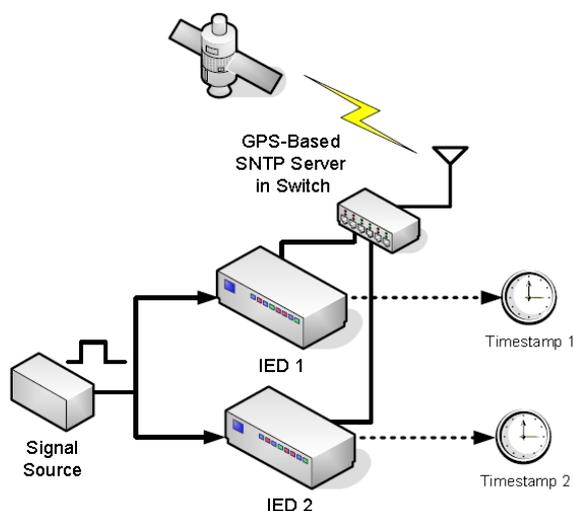


FIGURA 6 - Sincronismo e teste de precisão (1)

No entanto, existem inconvenientes com este método, como por exemplo o fato que nem todos os dispositivos que comunicam através do protocolo IEC 61850 possuem as entradas elétricas necessárias (2).

### 3.5 Análise das funcionalidades

Dentre as quatro funcionalidades apresentadas, deve-se avaliar a viabilidade para aplicação em projetos de novas subestações, bem como de subestações existentes. Além das condições financeiras para aplicação destas funcionalidades deve-se considerar o retorno proporcionado por cada uma delas.

Com exceção da funcionalidade de verificação do sincronismo e validação do *timestamp* dos eventos, entendemos que as demais são totalmente aplicáveis e não incorrem em um aumento considerável de gastos para as concessionárias e indústrias, visto o retorno obtido de cada uma delas.

Tanto a medida da performance das mensagens GOOSE, quanto das mensagens MMS, se tratam apenas da implantação de lógicas nos IEDs e no SCADA.

O monitoramento das informações através do protocolo SNMP é caracterizado apenas pela implementação de lógicas no SCADA para leitura dos pontos já disponibilizados pelos equipamentos. A maioria dos equipamentos, switches, GPSs e IEDs, disponibilizam estas informações via SNMP sem nenhum custo adicional. Alguns sistemas SCADA possuem o driver SNMP de forma gratuita ou a um custo muito baixo, o que viabiliza a sua implementação.

Na seção a seguir será apresentada a tela de manutenção, desenvolvida conforme as três funcionalidades viáveis para aplicação, e simulada em bancada. Nesta seção também será exibida a estrutura utilizada para a execução dos testes.

### 3.6 Desenvolvimento da tela de manutenção

As funções são programadas no sistema de supervisão em uma tela dedicada à manutenção. Desta forma, ao executar um comando, mensagens de teste são geradas e o tempo de tráfego das mensagens são medidos e indicados nesta tela, exibida na Figura 7, bem como as informações e dados obtidos via SNMP.

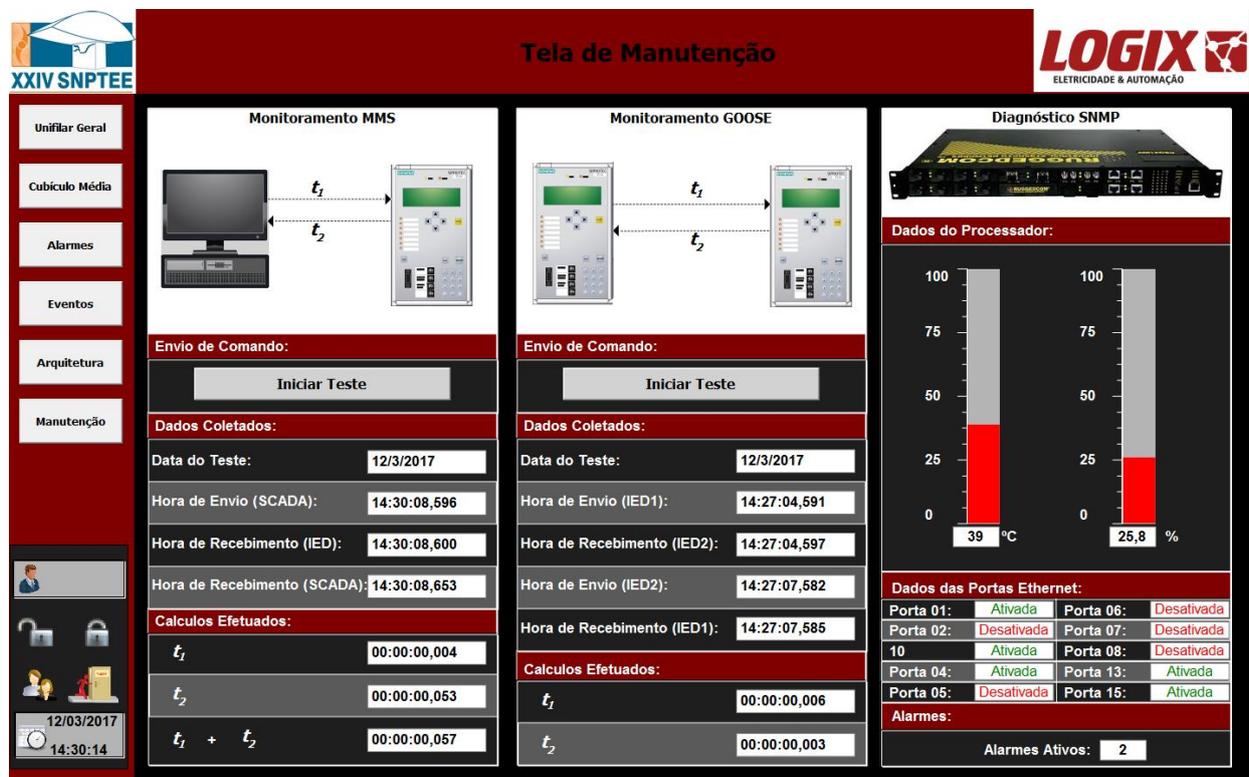


FIGURA 7 - Tela de Manutenção de Subestações

É importante ressaltar que as mensagens GOOSE, MMS e SNMP programadas são mensagens de testes e não afetam o funcionamento da subestação, podendo ser executadas sem qualquer desligamento.

Os resultados obtidos a cada tarefa de manutenção são arquivados e servem de parâmetro de comparação ao longo dos anos, sendo uma base histórica importante de comparação. É possível, por exemplo, comparar se os tempos de envio e recebimento das mensagens GOOSE estão sofrendo alterações de acordo com o tempo de operação da subestação, ou ainda se o tráfego de dados continua funcional após intervenções.

Implementações mais sofisticadas como telas de tendência e a geração de relatórios podem também ser implementadas como forma de melhorar a exibição, o tratamento e monitoramento das informações providas pelos três testes mencionados neste artigo.

A estrutura de testes montada no laboratório do GRUPO LOGIX é apresentada na Figura 8.

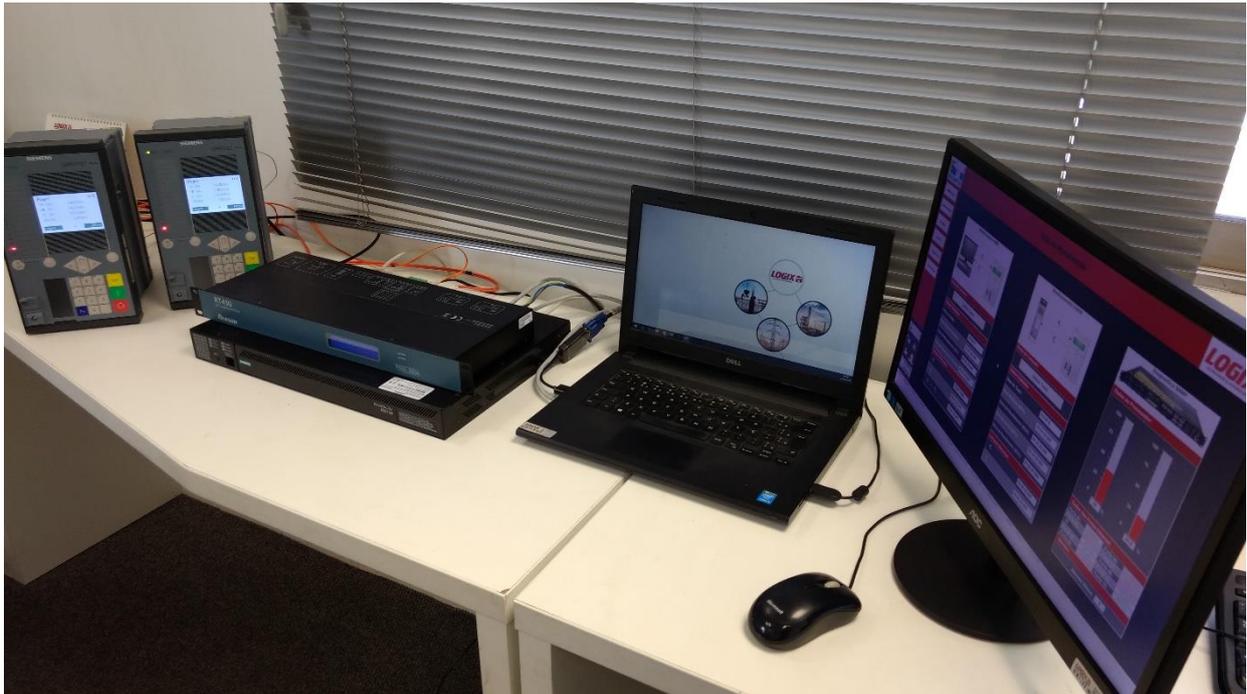


FIGURA 8 – Estrutura dos testes

Para a execução dos testes utilizamos, basicamente:

- a. 2 IEDs.
- b. 1 GPS.
- c. 1 Switch.
- d. 1 notebook.

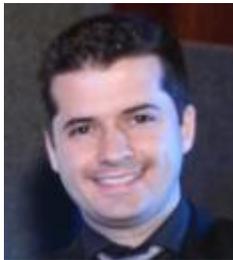
#### 4.0 - CONCLUSÃO

Considerando a dificuldade em se qualificar as equipes de operação e manutenção, a implementação das funções para testes de performance durante a etapa de projetos se confirma como um ótimo recurso, facilitando a execução de testes e simplificando a manutenção e operação da subestação. Neste cenário as equipes passam a utilizar de dados e informações que auxiliam na verificação e tomada de decisões, junto aos gestores.

## 5.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) STANDARD IEC 61850 – Communication networks and systems in substation
- (2) MUSCHLITZ, B. IEC 61850 Conformance Testing: Goals, Issues and Status, Florida, 2006; DistribuTECH - EUA.
- (3) SCHIMMEL, R., XU, T. Test procedure for GOOSE performance according to IEC 61850-5 and IEC 61850-10, Arnhem, 2010; KEMA – Holanda.
- (4) YEH, T.-H., HSU, S.-C., CHUNG, C.-K., LIN, M.-S. Conformance Test for IEDs Based on IEC 61850 Communication Protocol. Journal of Power and Energy Engineering, 3, 289-296 – SciRes
- (5) FREITAS, B. J. Aplicações Práticas de SNMP em Redes IEC 61850. Rio de Janeiro, 2014 - XII Seminário Técnico de Proteção e Controle.
- (6) DENHARTOG, M. SNMP Tutorial: The fast track introduction to SNMP Alarm Monitoring.

## 6.0 DADOS BIOGRÁFICOS



**Samuel Gonçalves Carvalho** nasceu em Belo Horizonte, Minas Gerais, em 1985. Graduado em Engenharia de Controle e Automação pela Universidade Federal de Ouro Preto em 2008, especializou-se em Gestão de Projetos pelo IETEC em 2012. É Gerente de Projetos e responsável pelo setor de Energia na LOGIX Eletricidade & Automação, desde 2013. Professor Substituto no Departamento de Controle e Automação da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto de 2016 a 2017. Atua na coordenação técnica e no comissionamento de Subestações desde 2009. Publicação: Testes de Desempenho e Interoperabilidade utilizando a Norma IEC 61850, 13º Seminário de Automação de Processos, 7 a 9 de outubro de 2009, São Paulo, SP.

**Leonardo Silvestrini de Melo** é natural de Belo Horizonte, Minas Gerais e nasceu em 1990. Graduado em Ed.Física pelo Centro Universitário Claretiano em 2013 e atual formando em Engenharia de Controle e Automação pela Universidade Federal de Minas Gerais, com previsão em 2017. Desde 2010 atua no desenvolvimento, coordenação e comissionamento de sistemas de energia nas áreas de geração e distribuição. Coordenador de Projetos no Departamento de Engenharia da LOGIX Eletricidade & Automação, sendo responsável por projetos nas áreas de mineração, siderurgia e energia.

**Rafael Bernardes Ferreira** nasceu em Capitólio, Minas Gerais, em 1990. cursou o ensino médio no Colégio de Aplicação COLUNI da Universidade Federal de Viçosa em 2008. Graduado em Engenharia de Controle e Automação pela Universidade Federal de Minas Gerais em 2015. Desde 2009 atua no desenvolvimento e comissionamento de projetos de automação nas mais diversificadas áreas industriais. Supervisor do Departamento de Engenharia na LOGIX Eletricidade & Automação, desde 2013, sendo responsável pelo desenvolvimento e inovação da área de Sistemas de Supervisão.