



## PROJETO DE AUTOMATIZAÇÃO PARA A SUBESTAÇÃO DIDÁTICA DO SENAI CIMATEC

Larissa Pita da Conceição<sup>1</sup>, Milton Bastos de Souza<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aluna Faculdade SENAI CIMATEC, E-mail: [larissa-pita@hotmail.com](mailto:larissa-pita@hotmail.com)

<sup>2</sup>Prof. Orientador Faculdade SENAI CIMATEC, E-mail: [milton.bastos.black@gmail.com](mailto:milton.bastos.black@gmail.com)

## AUTOMATION DESIGN FOR DIDATIC SUBSTATION OF SENAI CIMATEC

**Resumo:** Este trabalho apresenta uma proposta de automação customizada para a subestação didática do Senai Cimatec. O projeto contemplará implementação de sistema de proteção com aplicação do Dispositivo Eletrônico Inteligente (IED) já existente na mesma integrado a um sistema de supervisão e cujas trocas de informações ocorrerão através do uso de protocolos específicos: o DNP3 e IEC 60870-5-101/104. O objetivo desse trabalho é contribuir para a formação dos profissionais de elétrica a partir da disseminação de informações sobre as tecnologias atualmente aplicadas em sistemas de Automação e Proteção de Sistemas Elétricos de Potência (SEP).

**Palavras-Chaves:** *Subestação, IED, DNP3, IEC 104, Sistema SCADA.*

**Abstract:** This paper presents a propurse of a customized automation to SENAI CIMATEC's didatic substation. The project will contemplate the implementation of a protection system with application of the Intelligent Electronic Device (IED) already in it, integrated with a system of supervision whose information exchanges will occur through the use of specific protocols: the DNP3 and IEC 60870-5 -101/104. The goal of this paper is to contribute to the training of electrical professionals from the dissemination of information on the technologies currently applied in Power Systems Automation and Protection Systems (SEP).

**Key Words:** *Subtation, IED, DNP3, IEC 104, System SCADA.*



## 1. INTRODUÇÃO

Para assegurar a continuidade, a qualidade na prestação dos seus serviços e garantir o cumprimento dos procedimentos regulamentados pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, as empresas de energia elétrica tem investido na modernização de todo sistema elétrico.

Essa modernização decorre principalmente pela implementação dos IEDs, das arquiteturas de comunicação de dados e protocolos de redes desenvolvidas especificamente para o sistema elétrico e dos sistemas de supervisão e suas inúmeras funcionalidades – elementos básicos na composição do cenário da automatização que vem se fazendo cada vez mais presente no sistema elétrico[1]. Tecnologias foram associadas ao SEP para permitir a supervisão, controle e monitoramento de toda operação a distância e em tempo real além do armazenamento dos pontos de medições que forem relevantes[2].

Diante dessa nova conjuntura é importante que a formação acadêmica dos futuros técnicos e engenheiros eletricitas contemple como é composta a arquitetura das subestações atuais, como funcionam os dispositivos de proteção modernos e quais os protocolos de comunicação aplicados para envio e recebimento de dados operacionais nas Subestações de Energia Elétrica (SE).

Visitas técnicas as subestações elétricas em operação são praticamente irrealizáveis, uma vez que estas apresentam riscos consideráveis a integridade física dos discentes, principalmente devido aos altos níveis de tensão e corrente que elas apresentam quando em funcionamento. Visando aspectos educacionais, como ofertar devida capacitação quanto ao que há de mais atual em proteção e automação aplicada no sistema elétrico sem a exposição dos discentes a riscos?

O Senai Cimatec, maior instituição em ensino tecnológico do Norte/Nordeste possui, entre suas competências educacionais, o oferecimento de cursos voltados para a área de elétrica. Para essa demanda, o centro conta com laboratórios com estrutura específica para realização de aulas práticas e, entre esses tem-se em andamento a implementação de uma pequena subestação para fins didáticos. Quando em funcionamento, a subestação didática oferecerá subsídios para realização de treinamento de ações operacionais.

Este artigo apresenta um projeto de automatização voltado para a subestação didática do Senai Cimatec que permitirá aos discentes realizarem simulações de comissionamento e testes em IED integrado ao sistema de supervisão através de protocolos de comunicação específicos com o propósito de capacitar profissionais já atuantes e acrescentar conhecimentos a formação acadêmica dos futuros profissionais da área de elétrica.

## 2. METODOLOGIA

Para construção deste trabalho foram feitos levantamentos bibliográficos a partir de pesquisas em artigos e manuais de fabricantes de equipamentos e *softwares* e sites confiáveis. Conhecimentos adquiridos durante a jornada acadêmica do curso de Pós-Graduação, especificamente nas disciplinas Automação I e II, Informática para SEP e Proteção de Sistemas Elétricos.



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 RELÉ DIGITAL

Segundo [3] os relés são os responsáveis por conduzir a proteção do SEP uma vez que estão destinados a detectar, localiza e alarmar eventuais falhas, além de isolar trechos do sistema na ocorrência de uma anormalidade.

*“Os relés de proteção são dispositivos que observam atentamente o sistema elétrico, e comparam os parâmetros de corrente e tensão, fornecidos pelos transdutores, com seu pré-ajuste. Caso ocorra alguma anomalia ou falta no sistema, de maneira que a variável sensível do relé ultrapasse o seu ajuste, o mesmo atua instantaneamente ou de forma temporizada, conforme a necessidade”[3].*

Desde sua criação os relés, tem passado por uma série de modificações necessárias para este acompanhasse as exigências operacionais do sistema elétrico que cresceu exponencialmente ao longo dos anos. Atualmente, os relés são equipamentos digitais e contam com sistema microprocessado controlado por algoritmo que processa a lógica de proteção desenvolvida. Possuem interface para comunicação em redes de alta velocidade, elevada precisão e característica multifuncional – onde um único relé oferece várias funções de proteção e, por esse motivo, passaram a ser chamados também de IED.

Devido sua capacidade de processamento e comunicação a implementação dos relés tem resultado em melhorias operacionais no SEP tais como aumento na qualidade, confiabilidade e redução nos tempos de interrupção por falhas[4]. Por ser peça elementar no sistema de proteção o relé se fará presente neste trabalho na sua versão mais atual: um IED que além de proteger permite comunicação em várias camadas da automação.

#### 3.2 PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO

Os protocolos de comunicação explanados a seguir foram implementados no projeto para a construção da automatização de troca de dados e comando do IED.

##### 3.2.1 DNP3

O protocolo DNP3 (*Distributed Network Protocol*) foi concebido para ser usado pelas concessionárias de energia elétrica em seus sistemas de supervisão e controle onde este define a comunicação entre duas categorias de dispositivos: as estações mestre e os dispositivos escravos (dispositivos de campo)[5]. O



DNP3 é atualmente protocolo aberto e, apesar de ser mestre/escravo, este permite configuração dos escravos para envio de mensagens não solicitadas (*Unsolicited Messages*) na ocorrência de situações previstas.

Este protocolo adota o uso de três camadas do modelo OSI (*Open System Interconnection*): enlace, aplicação e transporte. A detecção de erros na mensagem é feita através de CRC (*Cyclic Redundancy Check*) o que garante sua confiabilidade. Conforme [6], por suas mensagens serem formatadas para retratar os eventos detectados pelos dispositivos de campo, o DNP3 é denominado como protocolo orientado a eventos. Evento é a variação/alteração em um valor ou estado do processo captado pelo IED. O reporte dos eventos ocorre de acordo com sua prioridade e, devido a isso, os eventos são organizados em quatro tipo de classes (Classe 0, 1, 2 ou 3) onde cada classe possui nível maior prioridade sobre a outra. No DNP3 todo evento transmitido possui sua estampa de tempo. Na rede DNP3 cada equipamento recebe um endereço de identificação e este pode variar de 0 a 65519. Ele opera praticamente sobre todos os meios físicos e suporta comandos do tipo *check before operate* (seleciona/verifica/opera)[5].

### **3.2.2 IEC 60870-5-101/104**

Desenvolvido pela IEC (*International Electrotechnical Commission*) o protocolo IEC 60870-5 é um conjunto de normas técnicas que definem, através de protocolos, como será dada a comunicação entre os IEDs e o sistema SCADA. Esse protocolo está subdividido em diversas partes, sendo a 101, 103 e 104 as mais comumente utilizadas, principalmente no mercado europeu[7].

O IEC 101 é baseado no EPA (*Enhanced Performance Architecture*) onde somente 3 camadas do modelo OSI são utilizadas, porem uma quarta foi implementada para garantir a interoperabilidade. Esse protocolo, que é serial baseado nas normas RS 232 e RS 485 teve seu desenvolvimento direcionado para aplicações no SCADA onde há suporte para reporte de eventos com data e hora, sincronização de data entre o mestre e escravo e organização do envio de eventos segundo ordem de prioridade[7]. Já o IEC 104 é caracterizado por modificações nas camadas do IEC 101 objetivando utiliza-lo na interface TCP/IP.

### **3.3 SCADA**

SCADA é a denominação dada ao conjunto de equipamentos que realizam ações de controle e supervisão em um sistema. O SCADA vem sendo amplamente aplicado no SEP pois possibilita a aquisição, armazenamento e análise, em tempo real, de toda operação do sistema elétrico.

Tecnologicamente, SCADA possui diversas funções, sendo até mesmo aplicado como ferramenta gerencial e de referência para a operação eficiente de sistemas. Além disso, fornece ao operador telas de supervisão onde há a representação gráfica do processo. Estas são animadas a partir das informações oriundas da base de dados que é alimentada com dados vindos do campo, tais como as medições procedentes dos Transformadores de Corrente (TC) e Transformadores de Potencial (TP). Condições anormais ou inseguras no



sistema elétrico são sinalizadas ao operador através de alarmes e/ou registros de eventos[8]. Neste projeto, o SCADA foi utilizado por ser elemento importante e multifuncional nos sistemas de automação atual, sendo ferramenta tanto da operação quanto da engenharia/gerência nas concessionárias de energia.

### 3.4 A SUBESTAÇÃO DIDÁTICA

Projetada pelo corpo técnico do Senai Cimatec, a subestação didática foi elaborada para compor as aulas práticas dos cursos de elétrica ministrados na instituição. Como visitas presenciais a subestações em operação oferecem riscos, a subestação didática surge como recurso para explicar aos discentes sobre os equipamentos que compõem uma SE, suas finalidades e como a mesma é operada.

A subestação didática foi dimensionada para receber tensão em 13.8KV e abaixa-la para 220V trifásico. Um cubículo metalizado foi instalado para abrigar os barramentos, o disjuntor, o Transformador de Potencial (TP), o Transformador de Corrente (TC). O disjuntor é comandado por um Relé, o Siprotec 7SJ62 do fabricante Siemens.

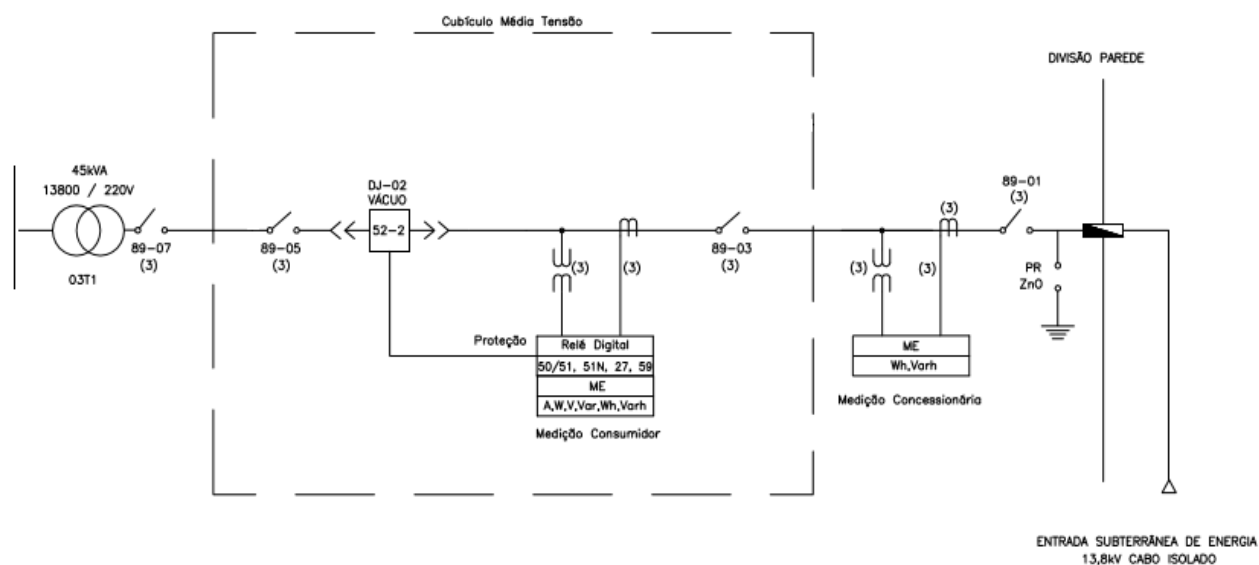


Diagrama unifilar da SE didática. Fonte: Senai Cimatec

Por estar em fase de instalação do cabeamento que fornecerá energia elétrica, a subestação didática atualmente é apenas utilizada pelos docentes da instituição para explicar a pequenos grupos de alunos sobre os equipamentos que compõem uma SE e qual a função de cada um deles para o funcionamento da mesma.

### 3.5 SISTEMA DE PROTEÇÃO PROPOSTO

O elemento principal do sistema de proteção do projeto original da subestação é o relé (IED) Siprotec 75J62. De acordo com os dados do diagrama unifilar do projeto da SE, este relé deverá ser parametrizado para abrir o disjuntor mediante

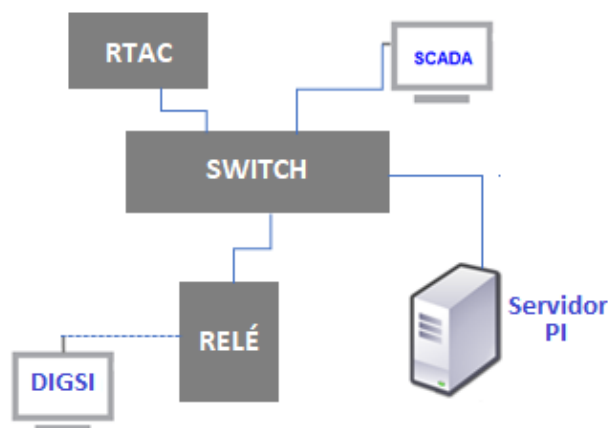


a atuação dos seguintes elementos de proteção: 50/51 (Sobrecorrente Instantânea e temporizada), 27 (Subtensão), 59 (Sobretensão) e 51N (Sobrecorrente de Neutro) [9]. Além disso, os botões frontais desse relé podem ser utilizados para atuação de algumas funções bem como ter seu estado lógico associado como condição de abertura do disjuntor (*trip*).

Um computador será utilizado exclusivamente para o comissionamento do relé, que é feito por intermédio do software DIGSI da própria Siemens. Os parâmetros configurados no software serão enviados ao relé por meio de comunicação RS 232 utilizando da porta frontal do relé. Essa comunicação permite também o acompanhamento da operação do relé bem como a extração de oscilografias. O comissionamento poderá ser alterado de acordo com as práticas de proteção a serem desenvolvidas com os discentes. Caberá aos alunos parametrizar o relé informando-o sobre os dados operacionais do alimentador (Frequência, Tensão e Corrente de operação, Corrente de Curto Circuito Simétrica e Assimétrica, dentre outros dados). Também ficará por conta do discente informar as relações do TC e do TP e os ajustes dos elementos de proteção citados.

### 3.6 AUTOMATIZÃO PROPOSTA

Para a automação proposta será utilizado o relé já instalado na SE, um Switch gerenciável, um processador de automação que será aplicado como um conversor de protocolos e sistema SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*).



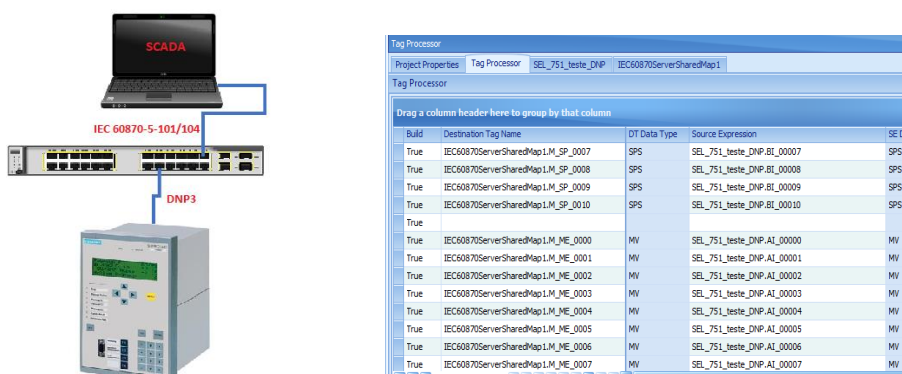
Arquitetura de Comunicação Proposta. Fonte: O autor.

Primeiramente, deve-se estabelecer a comunicação entre o relé e o processador de automação. O processador indicado foi o SEL 3530 RTAC devido a parceria entre este fabricante e a instituição. A sugestão é que a troca de informações entre o relé e o RTAC ocorra utilizando o protocolo DNP3, padrão de comunicação comum entre os dois equipamentos.



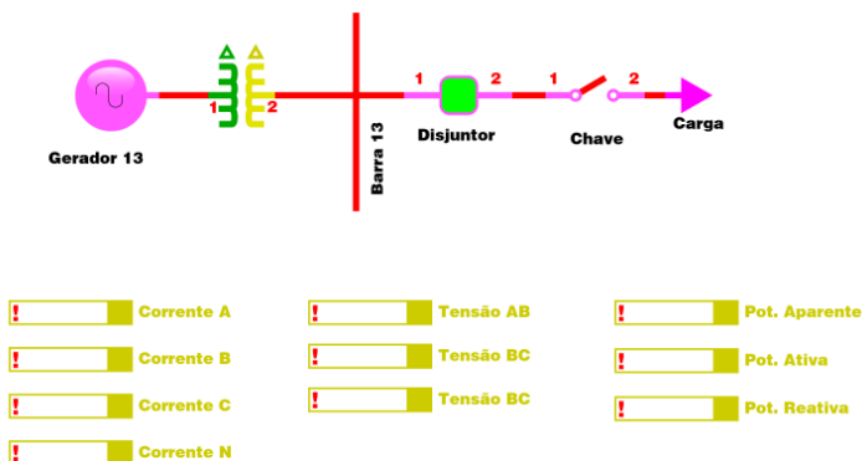
A aquisição dos dados do relé (o que inclui medições, estado do disjuntor, dentre outros) e a distribuição dessas informações ao sistema de supervisão e historiamento é realizada pelo Controlador de Automação SEL 3530 RTAC. Esse equipamento funcionará na rede como um *gateway* adquirindo as informações do relé via protocolo DNP3 (onde o relé será o dispositivo escravo e o RTC o mestre), e as envia ao sistema de supervisão através do protocolo IEC 60870-5-101/104 (onde o RTAC será o escravo e o supervisor o mestre).

A configuração do gateway é feita através do software *AcSELErator 5033* onde são criados os canais de aquisição e de distribuição de dados. O RTAC também propicia o arquivamento de dados em *tags* o que facilita a coleta dos eventos ocorridos no relé por qualquer dispositivo que esteja na rede.



Configuração das Tags para conversão de protocolo. Fonte: Autor.

Para o projeto foi elaborado, utilizando o programa Elipse Power, um sistema SCADA customizado ao contexto apresentado. Porém, o SCADA implementado terá sua aplicabilidade mais simplória: a de fornecer a visualização e a operação remota do alimentador da situação-contexto. Na tela de supervisão, será possível exibir ao discente o status do disjuntor de forma animada além de fornecer o acompanhamento em tempo real das medições feitas no alimentador.



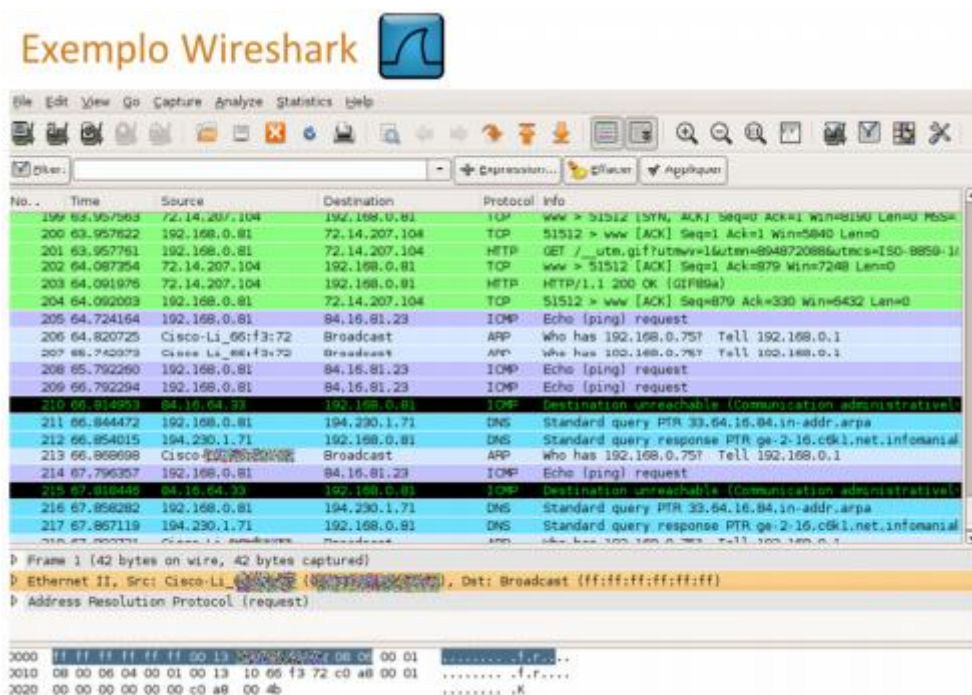
Modelo da Tela de Supervisão Fonte: Autor



As telas de supervisão possuem recursos que possibilitam alternar o modo de comando do relé, podendo este ser operado em modo remoto - quando a abertura é comandada via sistema de supervisão ou em modo local - quando o operador tem liberada a autonomia de utilizar dos botões que constam no próprio relé para provocar a abertura do disjuntor. As atuações dos elementos de proteção continuam ativas em ambos os modos de operação do relé.

### 3.7 ANALISADOR DE PROTOCOLOS

Outra ferramenta a ser utilizada para fins didáticos é o aplicativo Wireshark. Trata-se de um analisador de protocolo para uso em Sistema Windows ou Mac que verifica os pacotes de informações que transita pela placa de rede de um dado equipamento. Todo tráfego de informação pode ser analisado detalhadamente através da interface interativa desse software que organiza as informações de forma temporal e permite a filtragem das ocorrências. Na subestação este programa estará instalado no computador que está conectado ao relé e também no computador dedicado ao sistema de supervisão. Ambos computadores devem estar conectados na rede TCP/IP. Como o protocolo utilizado na comunicação do relé é o DNP3, fica fácil a verificação dos pacotes de informação através do Wireshark uma vez que este protocolo possui cabeçalho fixo: suas mensagens iniciam sempre em 0564H. A conversão do protocolo poderá ser vista no outro computador através também do aplicativo farejador porém, neste caso, as mensagens não mais estarão com o cabeçalho padrão do DNP3 e sim com o padrão para frames em IEC 104 que é iniciar em 10H e finalizar em 16H para pacotes de tamanho fixo ou iniciar em 68H e finalizar em 16H para pacotes de tamanho variável.



Exemplo de uso do Wireshark. Fonte: Material Universidade SEL





#### 4. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do trabalho proposto visa o projeto de automatização da subestação didática do Senai Cimatec a ser concretizado quando completamente finalizada a instalação dos equipamentos da SE. Este trabalho trouxe informações de caráter prático a serem utilizadas tanto na implementação quanto para sua real função que é a realização das aulas práticas.

Esse projeto propiciará aos discentes da instituição uma visão abrangente da automatização presente hoje nas subestações, irá conhecer sobre os sistemas de proteção integrado aos sistemas de supervisão através dos protocolos de comunicação.

Como pontos para melhorias futuras sugere-se o estudo de implementação de sistema PIMS para historiar os dados de medições e alarmes da Subestação. Outra sugestão é a elaboração de telas de supervisão para apresentação dos alarmes, cadastro de usuário com login e senha cadastradas e uma tela própria para apresentar o relé e as medições.

#### 5. REFERÊNCIAS

<sup>1</sup>CHEMIN NETTO, Ulisses. **Aplicações de controle e supervisão distribuídas em subestações de energia elétrica através do uso de relés digitais de proteção**. Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

<sup>2</sup>SEL. **Automação de Subestações – Cap. IX – Exemplos de automação em sistemas de supervisão e controle de subestações e redes de distribuição**. 2010. O Setor Elétrico. Disponível em: [http://www.osetoreletrico.com.br/wp-content/uploads/2010/10/ed56\\_fasc\\_automacao\\_capIX.pdf](http://www.osetoreletrico.com.br/wp-content/uploads/2010/10/ed56_fasc_automacao_capIX.pdf). Acesso em: 05 de Julho de 2017.

<sup>3</sup>MIRANDA, Juliano Coêlho. **IEC-61850: interoperabilidade e intercambialidade entre equipamentos de supervisão, controle e proteção**. Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

<sup>4</sup>JARDINI, José Antônio. **Sistemas Elétricos De Potência: Automação**. 1. ed. São Paulo: Livro s. ed., 1999.

<sup>5</sup>COVRE, Helber Peixoto. **Integração de Dados dos Sistemas de Proteção de Subestações Distribuidoras**. Dissertação (Mestrado) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

<sup>6</sup>OLIVEIRA, Wellington. **Automação I**. Disciplina do Curso de Especialização em Automação em Sistemas Elétricos de Potência. Salvador, 2016.

<sup>7</sup>ROCHA, Daniel Jasson Ferreira. **Sistemas de Supervisão e Controle de automatismos: Soluções baseadas em OPC e IEC 60870-4-104** (Traduzido). Dissertação (Mestrado) — Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2013.



<sup>8</sup>PAIOLA, Carlos E. G. **O papel do supervisor no atual contexto tecnológico.** Revista ISA - Intech América do Sul, Ed. 132, p. 6-18. 2011.

<sup>9</sup>SEL. Tabela ANSI. Disponível em: <https://selinc.com/pt/products/tables/ansi/>. Acesso: 19 de Agosto de 2017.