

Simulação Baseada em Arduino e Supervisório ScadaBR de Acionamento e Monitoramento Sob Carga de Disjuntor de Média Tensão em Subestações Blindadas.

Arduino and ScadaBR Supervisory Based Simulation of Under Load Activation and Monitoring of Medium Tension Circuit Breaker on Armored Substations

Maycon Luiz Santos de Almeida*, Alex Franco Ferreira

Como citar esse artigo. de Almeida MLS, Ferreira AF. Simulação Baseada em Arduino e Supervisório ScadaBR de Acionamento e Monitoramento Sob Carga de Disjuntor de Média Tensão em Subestações Blindadas. Rev Teccen. 2022;15(1):87-93.

Resumo

O estudo foi desenvolvido com intuito de utilizar um sistema supervisório e microcontrolador Arduino para monitorar disjuntores que são manobrados sob carga de subestações blindadas, pois este equipamento possui vida útil inferior aos disjuntores que não são utilizados para tal. Contudo, foi necessário escolher um supervisório de custos baixos para implementação e simulação de tais disjuntores, uma programação no Arduino que possibilite a IHM do supervisório comunicar com o processo, resultando no controle dos equipamentos e monitoramento das operações realizadas pelo operador no supervisório e permitindo a contagem de manobras de abertura e fechamento sob carga desses disjuntores.

Palavras-Chave: Supervisório ScadaBR; Arduino; Acionamento sob carga; Monitoramento sob carga; Subestações blindadas.

Abstract

The study was developed in order to use an Arduino supervisory and micro controlling system to monitor circuit breakers there are operated under armored substations load, as such device has a shorter lifespan than circuit breakers which are not used for this purpose. However, it was necessary to choose a low-cost supervisory system for the implementation and simulation of such circuit breakers, a programming for the Arduino that allows the supervisory system's HMI to communicate with the process, resulting on the control of the facilities and the monitoring of the operations performed by the operator on the supervisory system and allowing the counting of opening and closing maneuvers under these circuit breakers load.

Keywords: ScadaBR Supervisory; Arduino; Under load Activation; Under load Monitoring; Armored substations.

Introdução

Na atualidade, a sociedade busca soluções para melhorar o sistema de fornecimento de energia elétrica. A busca pelo aprimoramento do sistema de distribuição vem sendo requisitada por profissionais de diversas áreas do ramo elétrico.

A automação cresce significativamente nesta área, soluções que possibilitam o deslocamento da informação e tomada de decisão, como: acionamento

remoto, monitoramento por meio de supervisórios, leitura de grandezas elétricas por meio de protocolos de comunicação, dentre outros. Segundo (SEL, 2010a), todas as grandezas elétricas de um sistema elétrico trifásico devem ser medidas e monitoradas, como: tensões, correntes, potência ativa, potência reativa, frequência e os disjuntores e seccionadores que existem na subestação.

O controle de manutenção precisa ser encarado com seriedade dentro do sistema elétrico de distribuição de energia, equipamentos, precisam garantir a segurança

Afiliação dos autores:

Universidade de Vassouras, Vassouras, RJ, Brasil.

* Email para correspondência: mayconalmeida.doc@hotmail.com

Recebido em: 16/12/20. Aceito em: 25/10/21.

do operador e a confiabilidade do sistema no qual estão inseridos. Os disjuntores de manobra sob carga, dependendo da configuração do sistema, possuem um tempo de vida útil reduzido sendo necessário realizar a troca destes equipamentos, a partir do monitoramento destes disjuntores a substituição torna-se facilmente visível. Sendo assim, torna-se necessário monitorar a quantidade de abertura sob carga destes dispositivos.

O objetivo do presente trabalho foi simular o monitoramento de manobras realizadas sob cargas através de supervisor ScadaBR e microcontrolador Arduino Uno.

Utilizando-se uma programação no microcontrolador Arduino uno foi possível simular aberturas e fechamentos de disjuntores de manobra sendo representado neste artigo por lâmpadas para tal simulação e por meio do supervisor ScadaBR mensurar a quantidade de manobras realizadas.

Subestação blindada

Conforme a ANEEL (2011), no item 3.68 da Cartilha de Acesso ao Sistema de Distribuição dos Procedimentos de Distribuição de energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST), subestação define-se como sendo:

“conjunto de instalações elétricas em média ou alta tensão que agrupa os equipamentos, condutores e acessórios, destinados à proteção, medição e transformação de grandezas elétricas”(ANEEL, 2011)

Segundo (BARROS & GEDRA, 2009), as subestações blindadas possuem seus componentes instalados no interior de cubículos fabricados em chapas metálicas, sendo utilizados ao tempo ou abrigado. Na Figura 1 pode-se observar uma subestação blindada para uso abrigado.



Figura 1. Subestação Blindada.

Fonte: BRVAL, [s.d.]

Abertura sob carga

O sistema elétrico de distribuição possui dispositivos de manobras sob carga que interrompem a continuidade dos circuitos de alta, média e baixa tensão. Estes dispositivos, como: Chave seccionadora, disjuntor, são responsáveis pelas interrupções da continuidade de serviços conforme pode ser visto na Figura 2, que apresenta um disjuntor e chave seccionadora como dispositivo de interrupção de um circuito elétrico.

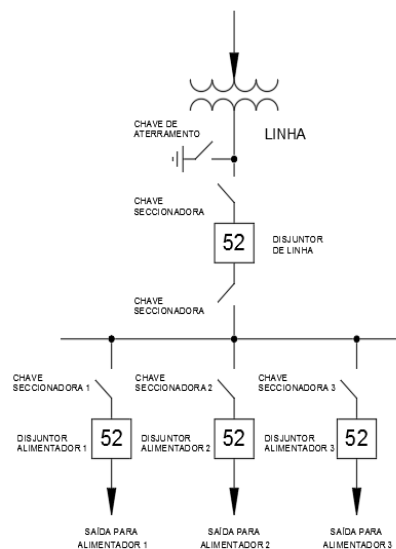


Figura 2. Disjuntor e Chave seccionadora de manobra

Fonte: Autores, 2020.

Os contatos dos disjuntores precisam conduzir a corrente de que a carga necessita, sem que aja aquecimento excessivo e devendo suportar o calor que é produzido quando é interrompido, ou seja, quando o circuito é aberto. Esses contatos são feitos de cobre ou ligas de cobre, ligas de prata, dentre outros materiais condutores. O período de vida útil dos contatos é limitado pela erosão do material do contato, devido a ocorrência de arco, quando é interrompida a corrente elétrica. (Sampaio, 2012). Portanto, os equipamentos que são manobrados sob carga possuem desgastes mais rápidos de seus contatos do que os equipamentos que não são.

Supervisor Scada

O supervisor Scada é um software que permite o tratamento de informações em tempo real. Ele é responsável por adquirir dados analógicos e digitais do sistema elétrico. (MAMEDE, 2013). Através do

supervisório o monitoramento dos disjuntores de manobra torna-se factível devido a comodidade que os softwares trazem para os sistemas de gerenciamento de energia.

“Com a popularização da tecnologia digital no ambiente industrial, nasceram outras ferramentas, como o sistema *Supervisory Control and Data Acquisition* (Scada) que, com CLPs e Unidades Terminais Remotas (RTU), permitiram o desenvolvimento de complexos sistemas especializados em supervisão e controle de energia elétrica.” (SEL, 2010b)

Supervisório Escolhido: ScadaBR

O supervisório ScadaBR é uma multiplataforma fundamentada em Java, ou seja, computadores com o Linux, Windows dentre outros sistemas operacionais que instalados podem desempenhar o software a partir de um servidor. O supervisório ScadaBR possui algumas funcionalidades, como: Variáveis calculadas, visualizações de dados, registro contínuo das variáveis em banco de dados, construção de tela gráfica, dentre outras.(SCADABR, [s.d.]).

Podendo-se definir o ScadaBR como:

ScadaBR é um software livre, gratuito e de código-fonte aberto, para desenvolvimento de aplicações de Automação, aquisição de Dados e Controle Supervisório.(SCADABR, [s.d.]

Composição do sistema de supervisão

Um sistema de supervisão pode ser resumido em quatro elementos (Silva & Salvador, 2004).

Sendo:

Processo Físico: Composto por sensores e atuadores que serão monitorados e controlados.

Estações remotas: Consiste no processo de controle e aquisição de dados, PLCs e RTU com leitura dos valores atuais dos dispositivos e controle.

Rede de comunicação: É a plataforma onde as informações fluem dos PLCs/RTUs para o sistema SCADA.

Estações de monitoramento central: Consiste em unidades que são principais nos sistemas SCADA, responsável por obter a informação gerada pela a estação remota e agir em conformidade com os eventos, podendo ser centralizadas em um único computador ou uma rede de computadores afim de compartilhar as informações coletadas. (Silva & Salvador, 2004)

Para o processo físico, neste estudo utilizou-se uma lâmpada para simular o processo de abertura e fechamento de um disjuntor.

Para as estações remotas, este estudo utilizou um microcontrolador Arduino Uno para se conectar ao processo.

Para a rede de comunicação, o sistema de

supervisão se comunicou via protocolo serial Modbus RTU com o microcontrolador.

Com relação as estações de monitoramento central, neste trabalho utilizou-se um servidor e o supervisório ScadaBR para monitorar e acionar os equipamentos do processo físico.

Com o intuito de obter uma comunicação determinante, a arquitetura utilizada na sua grande maioria é mestre/escravo. Neste sentido, o Arduino nunca inicia uma comunicação devido desempenhar função de escravo, respondendo a solicitações realizadas somente pela supervisório ScadaBR, mestre.

Microcontrolador Arduino

O microcontrolador Arduino é uma plataforma que permite elaborar protótipo em eletrônica e utiliza um microcontrolador Atmel e possui circuitos de entrada/saídas que podem ser conectadas a um computador e ser programada via IDE através de uma linguagem baseada na C/C++. (DINO, 2018)

Neste artigo foi utilizado como meio de programação o software IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado) que se encontra disponível no site do próprio Arduino. A Figura 3 demonstra a plataforma de programação onde a área vermelha trata-se do local onde os códigos são escritos.

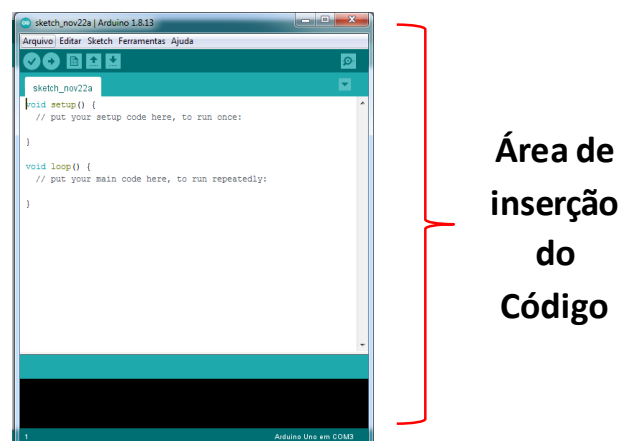


Figura 3. Plataforma de programação – IDE.

Fonte: ARDUINO, [s.d.]

O Arduino possui várias versões de placas, a mais popular e excelente opção para multiuso é a placa Arduino Uno, com base no microcontrolador ATmega328p. É composto por 14 pinos de entrada/saídas digitais sendo que, seis podem ser usadas como saídas PWM, seis entrada analógicas, conexão USB, cabo de força e botão de reset. (EVANS et al., 2013)

A Figura 4 apresenta uma placa do Arduino que foi utilizada neste artigo.



Figura 4. Placa Arduino Uno com microcontrolador ATMEGA 328.

Fonte: Autores, 2020.

Aplicação: Monitoramento de abertura sob carga de disjuntores através da simulação com lâmpadas.

O controle da manobra dos disjuntores sob carga foi realizado através do supervisório ScadaBR. O controle iniciou-se com a abertura do equipamento através dos botões de desliga no supervisório, quando foi pressionado o botão, o microcontrolador enviou um sinal digital para um relé auxiliar e acendeu a lâmpada correspondente ao acionamento. Após o disjuntor ter sido aberto foi necessário que ligasse para continuar com alimentação no circuito, portanto, para que o mesmo fosse ligado foi necessário permitir que o disjuntor fosse ligado e depois acionar o equipamento através dos botões no supervisório, assim acionando a lâmpada correspondente ao acionamento.

Arquitetura física do sistema de controle

Para conectar o sistema supervisório ao processo foi necessário a utilização de um dispositivo que interliga o físico com as entradas do supervisório, podendo ser: CLP (Controlador Lógico Programável) ou Arduino. Neste artigo utilizou-se o Arduino que permitiu realizar acionamento através de uma programação que pôde ser armazenada em sua própria memória.

O sistema de controle consistiu basicamente em quatro etapas: Supervisório ScadaBR, Arduino Uno, relé auxiliar, lâmpadas que representa equipamento ligado e desligado. A Figura 5 demonstra através de diagrama de bloco a composição do sistema.

Descrição dos equipamentos principais estão a seguir:

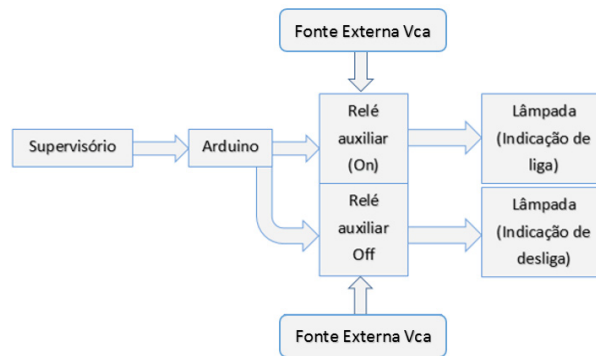


Figura 5. Arquitetura física do sistema de controle.

Fonte: Autores, 2020.

- Arduino uno alimentado por sua fonte: INPUT: 100-240Vca, 50/60Hz, OUTPUT: 9VDC 1000mA.
- Relé auxiliar: Bobina 6Vdc, Contatos 15A 125VAC desempenha a função de acionar as lâmpadas que possuem a tensão superior da saída do Arduino.
- Lâmpada LED 127V, 4,5W.

No presente trabalho, o supervisório iniciou a comunicação através de uma rede serial Modbus RTU, com o servidor de dados Apache Tomcat executado continuamente no computador, o supervisório comunicou-se com o Arduino via comunicação RS232 de ponta-a-ponta. Assim, se possui uma troca de informação entre a IHM do supervisório com o processo, com a finalidade de apresentar a quantidade de manobras realizadas pelo disjuntor. Por meio de um operador o equipamento é acionado ou desligado sob carga conforme mostra a Figura 6.

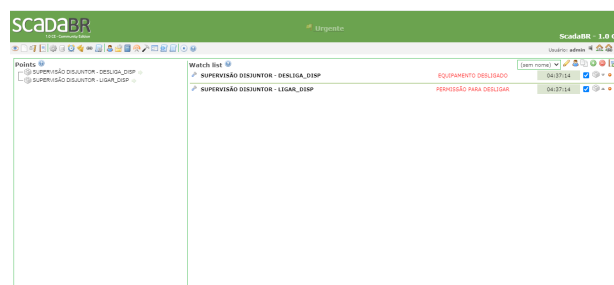


Figura 6. Acionamento dos disjuntores pela IHM do supervisório.

Fonte: Autores, 2020.

Acionamento elétrico disjuntor

Para que o processo funcionasse adequadamente foi necessário que os disjuntores que seriam

manobrados possuíssem bobinas de fechamento, bobinas de aberturas, motorização para que permitam ser manobrados automaticamente. No presente artigo foi utilizado a título de simulação, a rede elétrica da concessionária em 127Vca. A Figura 7 apresenta o circuito elétrico de acionamento dos disjuntores.

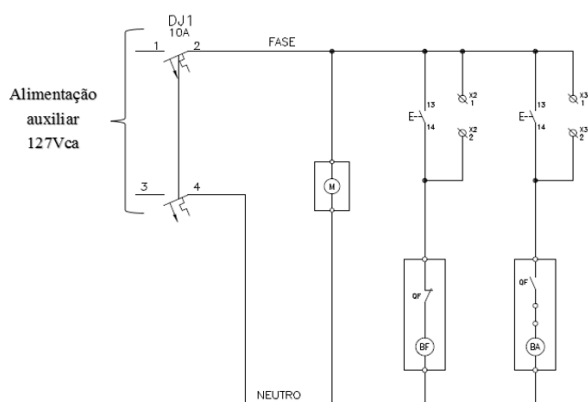


Figura 7. Circuito elétrico de ligação.

Fonte: Autores, 2020.

A descrição dos equipamentos estão a seguir:

- BA- Bobina de abertura composta por um contato normalmente aberto afim de que quando for acionada a bobina não fique energizada constantemente. Possui a função de abrir/desligar o equipamento.
- BF- Bobina de fechamento, composta por um contato normalmente fechado afim de que quando for acionada a bobina não fique energizada constantemente. Possui a função de fechar/ligar o equipamento.
- M- Motorização, responsável por carregar automaticamente a mola para ligar o equipamento.

Os bornes identificados como X2-1 e X2-2 do circuito da Figura 7, foram destinados para acionar remotamente a bobina de fechamento e os bornes X3-1 e X3-2 acionar remotamente a bobina de abertura do equipamento.

Esquema de ligação do Arduino

Para a operação do equipamento foi necessário um circuito de ligação do Arduino para o acionamento do disjuntor. A Figura 8 apresenta o circuito realizado no Arduino.

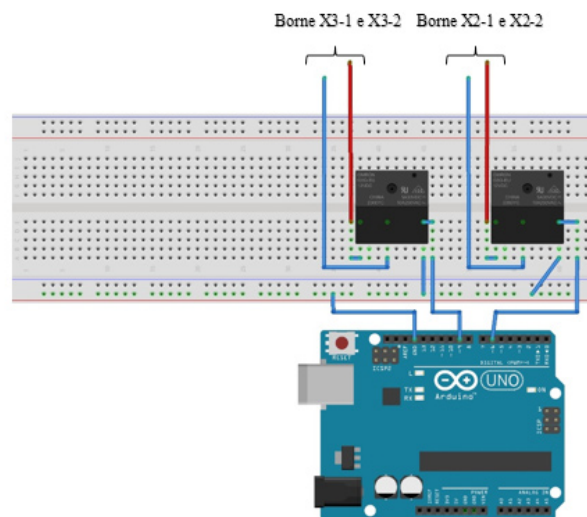


Figura 8. Circuito de ligação Arduino.

Fonte: Autores, 2020.

Programação

O presente trabalho teve uma programação realizada no software do Arduino e sendo armazenada no equipamento. Foram utilizadas saídas digitais em PWM (*PWM Pulse Width Modulation*, que significa Modulação por Largura de Pulso) para acionamento das lâmpadas de simulação. Para o supervisor se comunicar com o Arduino foi necessário atribuir *data points* e configurar as informações de velocidade, *bits*. O código fonte da programação utilizada para realizar este estudo pode ser observado na Figura 9.

```
#include <SimpleModbusSlave.h>

#define DESL_DJ 9
#define ACIONA_DJ 6

enum
{
    ESTADO_DJ, //offset 0 - Desliga o disjuntor e Permite ligar o disjuntor
    LIGA_DJ, //offset 1 - Liga disjuntor
    HOLDING_REGS_SIZE
};

unsigned int holdingRegs[HOLDING_REGS_SIZE];

void setup()
{
    modbus_configure(&Serial, 9600, SERIAL_8N2, 1, 2, HOLDING_REGS_SIZE, holdingRegs);
    modbus_update_comms(9600, SERIAL_8N2, 1);
    pinMode(DESL_DJ, OUTPUT); // acionamento de desligar o disjuntor ou habilitar ligar
    pinMode(ACIONA_DJ, OUTPUT); // acionamento do disjuntor
}

void loop()
{
    modbus_update();

    digitalWrite(DESL_DJ, holdingRegs[ESTADO_DJ]);
    digitalWrite(ACIONA_DJ, holdingRegs[LIGA_DJ]);
}
```

Figura 7. Circuito elétrico de ligação.

Fonte: Autores, 2020.

Resultados Obtidos

O sistema de monitoramento foi desenvolvido baseado na aplicação com Arduino e supervisório SCADA (*Supervisory Control Data Acquisition*), no qual tem sido utilizado em diversas indústrias, residências, usinas e até mesmo em processos que necessitam de realizar controle e gerenciamento. O presente artigo trouxe como resultados

esperados a aplicação do supervisório no controle de manobras sob carga de disjuntores. No Quadro 1 pode ser observado que o supervisório registrou a quantidade de tomadas de decisões de abertura de disjuntores, facilitando a manutenção preventiva do equipamento que é monitorado. O projeto pôde ser simulado utilizando lâmpadas que acendem quando são acionadas pela IHM do supervisório. O Quadro 2 mostra o funcionamento do circuito quando é emitida uma ação do supervisório.

Quadro 1. Registro de tomadas de decisões.

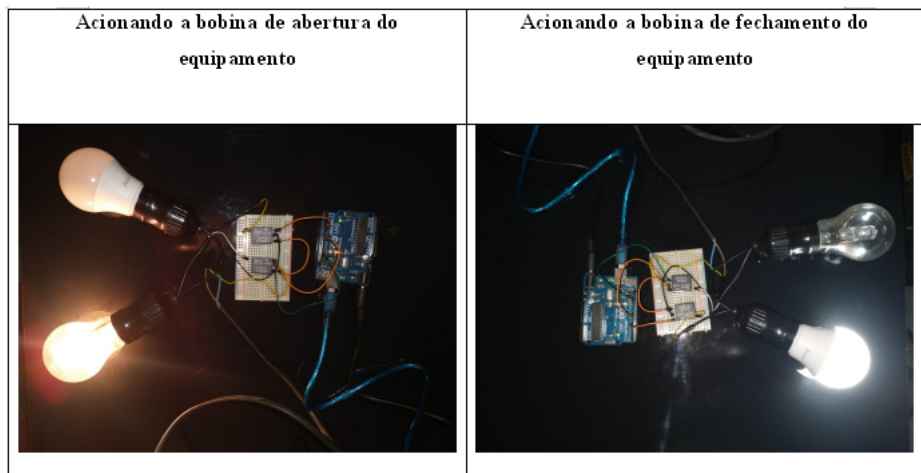


Registro de acionamento de abertura

Registro de acionamento de fechamento

Fonte: Autores, 2020.

Quadro 2. Acionamento dos disjuntores de manobra representado por lâmpadas.



Fonte: Autores, 2020.

Conclusão

O arranjo proposto apresenta diversas vantagens na aplicação de Arduino com o sistema supervisório, pois oferece a visualização da quantidade de manobras realizadas, horário em que foi manobrados os disjuntores, histórico das atividades. Além do mais, o sistema conta com o auxílio de um supervisório gratuito que diminui grandemente os custos de implantação da arquitetura

Desta forma, através da simulação realizada com lâmpadas o presente artigo trouxe grande satisfação em poder monitorar os disjuntores que manobram sob carga utilizando o Arduino como meio de interligar a IHM do supervisório com o processo, garantindo que o mantenedor possa programar a manutenção preventiva dos disjuntores que são acionados e monitorados.

Referências

1. ANEEL. (2011). *Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST - Cartilha de Acesso ao Sistema de Distribuição*. Recuperado 25 de novembro de 2020, de http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/cartilha_revisao_2.pdf
2. ARDUINO, I. ([s.d.]). *SOFTWARE IDE ARDUINO*. Recuperado 6 de dezembro de 2020, de <https://www.Arduino.cc/en/software>
3. BARROS, B., & GEDRA, R. (2009). *Cabine primária, subestações de alta tensão de consumidor*. (4ª edição). Editora Érica.
4. BRVAL, E. ([s.d.]). *BRVAL | BR6 17,5kV e 36kV*. Figura: SBL-01-F-175-VISTA-ISOMETRICA, Recuperado 25 de novembro de 2020, de <http://brval.com.br/portfolio-item/br6/>
5. DINO. (2018). *Arduino: Fácil de programar, funcional e barato | Notícias Corporativas | Mundo do Marketing*. Mundo do Marketing - Você conectado com o mercado. Recuperado 25 de novembro de 2020, de <https://www.mundodomarketing.com.br/noticias-corporativas/conteudo/158689/Arduino-facil-de-programar-funcional-e-barato>
6. EVANS, M., NOBLE, J., & HOCHENBAUM, J. (2013). *Arduino em ação*. Novatec Editora.
7. Filho, R. A. E. (2018). *ANÁLISE TÉCNICO-MERCADOLÓGICA DE PAINÉIS DE MÉDIA TENSÃO COM ENTRADA DE ENERGIA PADRÃO LIGHT*. 81.
8. MAMEDE, J. (2013). *INSTALAÇÕES ELÉTRICAS INDUSTRIAIS (8ª edição)*. LTC.
9. Sampaio, A. L. P. (2012). *CONSOLIDAÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO PARA A DISCIPLINA DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS – DISJUNTORES*. - Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro. Recuperado 5 de dezembro de 2020, de <http://www.monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10005016.pdf>. 134
10. SCADABR. ([s.d.]). *ScadaBR*. Recuperado 25 de novembro de 2020, de <http://www.scadabr.com.br/>
11. SEL, E. (2010a). *Ed56_fasc_automacao_capIX.pdf. Capítulo I Histórico e terminologia*. Recuperado 25 de novembro de 2020, de http://www.osetoreletrico.com.br/wp-content/uploads/2010/10/ed56_fasc_automacao_capIX.pdf
12. SEL, E. (2010b). Edição 48—Janeiro.indd. 5.
13. Silva, A. P., & Salvador, M. (2004). Atualizado (2005). *O que são sistemas supervisórios?* <http://academico.riogrande.ifrs.edu.br/~jose.eli/apostilas/OqueeSCADA.pdf>