

PROPOSTA PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA SUPERVISÓRIO EM UMA SUBESTAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

PROPOSAL FOR A SUPERVISORY SYSTEM IMPLEMENTATION TO AN ELECTRIC POWER
SUBSTATION

OLIVEIRA, Vinícius Ruiz de ¹
GALHARDO, Rodrigo Costa ²
WERNECK, Marcelo Pinheiro ³

RESUMO

Este artigo tem como objetivo apresentar uma proposta para implantar um sistema supervisório com monitoramento e controle em uma subestação de energia elétrica, utilizando CLP para elaborar a lógica de funcionamento, conversores de sinais de comunicação, além de um computador para o monitoramento remoto da subestação. Essas aplicações visam propor algumas soluções para melhorar e otimizar o processo de monitoramento e operação da subestação de uma indústria de fundição de aço. Para a simulação desse artigo foram utilizados os softwares EPLAN Electric P8, SIMATIC Manager e SIMATIC WinCC Flexible 2008.

Palavras-chave: CLP, IHM, Subestação de energia elétrica, Supervisório.

ABSTRACT

This article aims to introduce a proposal of a supervisory system implementation with control and monitoring in an electrical power substation, using a PLC to elaborate the operation logic, signal converter and communication, besides a computer for the substation remote monitoring. These applications aim to propose some solutions to improve and optimize the process of monitoring and operation from a substation of an steel foundry industry. The softwares EPLAN Electric P8, SIMATIC Manager and SIMATIC WinCC Flexible 2008 were used for this article simulation.

Keywords: Electrical Power Substation, HMI, PLC, Supervisory.

¹Pós-Graduando do Curso de Automação e Controle Industrial da Universidade de Taubaté, viniciusrdo@bol.com.br;

²Pós-Graduando do Curso de Automação e Controle Industrial da Universidade de Taubaté, rodrigo_galharo@yahoo.com.br;

³Professor Orientador do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de Taubaté, mpwerneck@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Com a crescente implantação da indústria 4.0, vem surgindo cada vez mais a necessidade de se ter um monitoramento e controle mais eficaz de máquinas, equipamentos e processos. Seguindo o conceito de indústria 4.0 que é conhecida como “internet das coisas” e segue alguns princípios para o desenvolvimento e implantação, que definem os sistemas de produção inteligente e que tendem a surgir nos próximos anos.

Pensando nisso, foi elaborada essa proposta, com o objetivo de realizar um melhor controle e monitoramento de uma subestação de energia elétrica de uma indústria, que possui 75 anos de existência.

1.1. HISTÓRICO E FUNÇÕES

O processo de automação industrial começa na década de 1920 com Henry Ford e sua linha de montagem de automóveis. Posteriormente, nos anos de 1960 assistimos ao desenvolvimento da microeletrônica, com o desenvolvimento dos CLP's (Controladores Lógicos Programáveis), que substituíram os painéis de controle com relés.

Na década de 1990, encontramos os novos sistemas de supervisão e controle, desenvolvidos especialmente com o objetivo de obter maior produtividade, qualidade e competitividade para esta nova realidade.

Com as sucessivas evoluções acumuladas ao longo do tempo, os sistemas de supervisão atuais passaram a oferecer três funções básicas: supervisão, operação e controle:

- Função de supervisão – nesta função estão incluídas todas as operações de monitoramento do processo, sejam elas sinóticas, gráficos de tendências de variáveis analógicas e digitais, relatórios, dentre outras;
- Função de operação - oferece a vantagem de substituir as funções das mesas de controle manuais, otimizando os procedimentos de controle e modos de operação dos equipamentos do processo.
- Função de controle - apresenta duas possibilidades: um sistema que possibilita a ação de controle sem a dependência de níveis intermediários do

processo, conhecido como DCC (Digital Direct Control) e o sistema supervisor, onde o controle é realizado dinamicamente, de acordo com o comportamento global do processo.

1.2. SISTEMAS SUPERVISÓRIOS

Um sistema de automação tem por objetivos básicos o desempenho, a modularidade e a expansibilidade da planta. Para que estes sejam alcançados, deve-se estruturar a planta industrial e organizar seus elementos constituintes (dispositivos de aquisição de dados ou remotas, CLP's, instrumentos e sistemas de supervisão, entre outros). Para tanto, é necessário elaborar uma arquitetura capaz de suportar as duas hierarquias de rede mais utilizadas: informação e controle. A primeira é o nível mais alto dentro da arquitetura, sendo representada pela rede de informação. Já as redes de controle interligam os sistemas industriais aos sistemas representados pelos controladores e pelas unidades de aquisição de dados.

Um sistema supervisor permite que sejam monitoradas e rastreadas informações de um processo produtivo ou instalação física. Tais informações são coletadas através de equipamentos de aquisição de dados e, em seguida, manipulados, analisados, armazenados e, posteriormente, apresentados ao usuário. Estes sistemas também são conhecidos como SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition).

1.3. FUNCIONALIDADES

Um sistema supervisor deve apresentar algumas funcionalidades básicas, entre as quais destacam-se:

- Aquisição de dados - processo que envolve a coleta e transmissão de dados desde a planta industrial (estações remotas) até às estações centrais de monitoração. As estações remotas lêem os valores dos dispositivos a eles conectados; após a leitura desses valores, segue-se a transmissão de dados em que, quer em modo de comunicação por polling, ou em modo de

comunicação por interrupção (Report by Exception), os dados são transmitidos através da rede de comunicações até à estação central. O processo é concluído com o armazenamento da informação na base de dados;

- Visualização de dados - consiste na apresentação das informações através de interfaces homem-máquina (HMI), geralmente acompanhados por animações, de modo a simular a evolução do estado dos dispositivos controlados na instalação industrial;

- Processamento de alarmes - Os alarmes são classificados por níveis de prioridade em função da sua gravidade, sendo reservada a maior prioridade para os alarmes relacionados com questões de segurança. Em situações de falha do servidor ou da rede de comunicações, é possível efetuar o armazenamento das mensagens de alarme em buffer, o que, aliado à capacidade de transmissão de mensagens de alarme para vários servidores, permite atingir um maior grau de tolerância à falhas. O processamento de alarmes assume um papel de elevada importância na medida em que permite informar anomalias verificadas, sugerir medidas e, em determinadas situações, reagir automaticamente mediante parâmetros previamente estabelecidos. Para além das situações de alarme detectadas com base nos valores lidos pelos dispositivos, os sistemas supervisórios podem acionar alarmes com base na ocorrência de determinadas combinações de eventos. Os alarmes são classificados por níveis de prioridade em função da sua gravidade, sendo reservada a maior prioridade para os alarmes relacionados com questões de segurança;

- Tolerância à falhas - Para atingir níveis aceitáveis de tolerância à falhas é usual a existência de informação redundante na rede e de máquinas backup situadas dentro e fora das instalações das indústrias de forma a permitir que sempre que se verifique uma falha num computador, o controle das operações seja transferido automaticamente para outro computador, o qual possui todos os dados espelhados do computador que estava funcionando até então, para que não se tenha uma interrupção significativa.

1.4. COMPONENTES DO SISTEMA SUPERVISÓRIO

Um sistema Supervisório possui como seus componentes integrantes sensores e atuadores, estações remotas e estações de controle central, todos se comunicando através de uma rede de comunicação.

1.4.1. SENSORES E ATUADORES

São os dispositivos conectados aos equipamentos controlados e monitorados pelo sistema. Os sensores convertem parâmetros físicos, tais como velocidade, níveis de líquido e temperatura, para sinais analógicos e digitais que são enviados para as estações remotas. Já os atuadores são utilizados para agir sobre o sistema, ligando, desligando ou movimentando determinados equipamentos.

1.4.2. ESTAÇÕES REMOTAS

A aquisição de dados envolve a transmissão dos dados coletados pelos diversos sensores e atuadores, até às estações de controle centrais.

O processo de controle local e a aquisição de dados são executados nas estações remotas, os PLC's (Programmable Logic Controllers) e RTU's (Remote Terminal Units), com a leitura dos valores apresentados pelos dos dispositivos que estão associados a cada estação.

Os PLC's e as RTU's são equipamentos equipados com processadores, através dos quais a estação central de monitoração se comunica com os dispositivos existentes nos diversos setores da edificação. O processo de aquisição de dados é concluído com o respectivo armazenamento em uma base de dados no controle central do sistema.

A diferença entre os PLC's e as RTU's está em que os primeiros possuem maior flexibilidade na linguagem de programação e controle de entradas e saídas, enquanto as RTU's possuem uma arquitetura mais

distribuída entre sua unidade de processamento central e os cartões de entrada e saída com maior precisão e sequenciamento de eventos.

Os PLC's apresentam como vantagem uma facilidade de programação e controle de sinais de Input e Output (entrada e saída). Por outro lado, os RTU's possuem capacidade de comunicação, incluindo comunicação sem fio (wireless), sendo indicados para situações onde a comunicação por uma rede de cabeamento convencional é difícil.

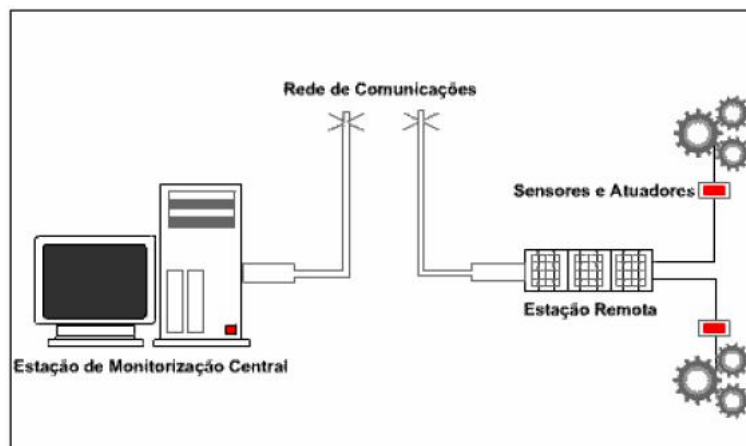


Figura 1 - Sistema de supervisão e controle

Fonte: (Pinheiro, 2006)

1.4.3. REDE DE COMUNICAÇÃO

A rede de comunicação é a plataforma através da qual as informações do sistema são transferidas para o controle central. A rede de comunicação pode ser implementada utilizando os seguintes meios de transmissão:

- Cabos coaxiais e de par trançado - São indicados para aplicação em redes de pequenas dimensões, seguindo as normas e padrões para cabeamento estruturado comercial;
- Cabos de fibra óptica – Indicados para aplicações onde é necessário cobrir grandes distâncias, áreas externas de campus ou entre edifícios e áreas sujeitas à interferência eletromagnética;
- Serviços discados - As linhas discadas podem ser usadas em sistemas de acesso remoto que não justifiquem uma conexão permanente ao sistema de supervisão;

- Serviços dedicados - As linhas dedicadas são usadas em sistemas que necessitam de uma conexão remota permanente ao sistema de supervisão;

- Dispositivos sem fio – Usados em locais onde não é aplicável o cabeamento convencional. Diversas tecnologias de redes sem fio estão disponíveis atualmente.

As redes de comunicação incluem ainda as redes de campo, necessárias para a comunicação dentro do processo industrial. Essas redes de campo atendem pelo nome genérico de “fieldbus” ou barramento de campo e podem ser divididas em três tipos diferentes:

- Redes de sensores ou “Sensorbus” – são redes apropriadas para interligar sensores e atuadores discretos, tais como chaves limites, contactores, etc. Como exemplos temos as redes CAN e LonWorks;

- Redes de Dispositivos ou “Devicebus” – são redes capazes de interligar dispositivos mais genéricos como CLP’s, outras remotas de aquisição de dados e controle, conversores AC/DC, relés de medição, etc. Exemplos: Profibus-DP, DeviceNet, Interbus-S, SDS, LonWorks, CAN, ControlNet, ModbusPlus;

- Redes de instrumentação ou “Fieldbus” – são redes concebidas para integrar instrumentos analógicos no ambiente industrial, como transmissores de vazão, pressão, temperatura, válvulas de controle, etc. Exemplos: IECSP50-H1, HART, Profibus-PA.

1.4.4. ESTAÇÃO DE CONTROLE CENTRAL

As estações de controle central são as unidades principais dos sistemas supervisórios, responsáveis pela monitoração e supervisão de todo o sistema de automação e incumbidas por recolher a informação enviada pelas estações remotas e atuar de acordo com os eventos detectados. Podem estar centralizadas em um único computador ou distribuídas por uma rede de computadores de modo a permitir o compartilhamento dos dados provenientes do sistema.

A interação entre os usuários do sistema e as estações de controle central é feita através de uma interface HMI – Human-Machine Interface

(Interface Homem-Máquina), onde é comum a visualização de um diagrama representativo da planta industrial, com a representação gráfica das estações remotas, os valores constantes nos sensores e atuadores e a apresentação dos alarmes detectados na rede.

Os sistemas SCADA, por exemplo, permitem ainda visualizar previsões e tendências com base em valores recolhidos e valores parametrizados pelo operador do sistema, bem como gráficos e relatórios relativos aos dados atuais existentes em um histórico.

Como exemplo desses dados, o processamento de alarmes permite informar anomalias verificadas, sugerir medidas e, em algumas situações, reagir automaticamente mediante parâmetros previamente estabelecidos. Os alarmes são classificados por níveis de prioridade em função da sua gravidade, sendo reservada a maior prioridade para os alarmes relacionados com questões de segurança da própria rede.

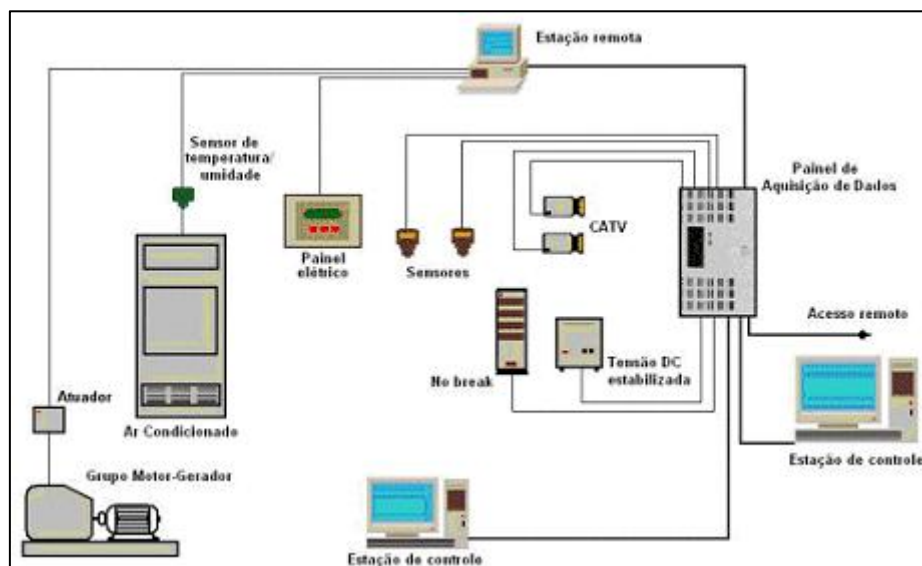


Figura 2 - Arquitetura de um sistema de supervisão e controle

Fonte: (Pinheiro, 2006)

1.5. O CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

O controlador Lógico Programável, ou simplesmente CLP, do inglês Programmable Logic Controller, é um dispositivo de estado sólido, um computador industrial capaz de armazenar instruções para aplicação de

funções de controle, além de realizar lógicas, cálculos, manipulação de dados e comunicação em rede, é utilizado no controle de sistemas automatizados.

Um CLP assim como um computador pessoal é composto pelos seguintes componentes: Unidade Central De Processamento (CPU) que é responsável pelas operações matemáticas, módulos de entrada e saída, módulos de comunicação com outros equipamentos e por último o sistema de alimentação.

Para a programação dos CLPs sentiu-se a necessidade da construção de um padrão que fosse seguido pelos fabricantes. Esta padronização começou em 1979 quando o Internacional Electrotechnical Commission, (IEC) iniciou seus trabalhos com este propósito e como resultado temos hoje a IEC 61131 onde se encontra com divida em 5 partes sendo que algumas ainda não finalizadas.

1.5.1. LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO DE CLP'S

Em 1992 o IEC publica um conjunto de normas o qual estabelece padrões para os controladores programáveis. Esta norma é dividida em cinco partes, sendo a IEC 61131-3 a parte que trata das linguagens de programação dos CLP's.

Entre as linguagens adotadas pela IEC 61131-3 estão: a Linguagem Ladder, Blocos de Função, texto estruturado, lista de instrução e a Linguagem Grafcet. Neste texto apenas será apresentado a Linguagem Ladder, por esta ser a linguagem de programação adotada neste trabalho.

1.5.1.1. LINGUAGEM LADDER

Os motivos que fazem a linguagem ladder ser uma das mais usada pela indústria são:

- Apresentar grande facilidade de programação;
- Ser uma linguagem gráfica, baseada em desenhos;

- Ser tradicionalmente conhecidos em projetos de comando de quadros elétricos.

A linguagem ladder é uma linguagem gráfica de alto nível que se assemelha ao esquema elétrico de um circuito de comando ou diagrama de contatos. Nesta linguagem, todos os tipos de instruções pertencem a dois grandes grupos: as instruções de entrada e as de saída. As instruções de entradas são responsáveis por formular questionamentos, os quais são tratados com respostas pelas instruções de saída, essas por sinal são ainda responsáveis por executar algum tipo de ação.

A CPU do controlador executa todas as funções descritas pelas linhas de comando de forma cíclica, ou seja, começando pela primeira passando por todas as intermediárias até a última linha, para então recomençar o ciclo.

Para exemplificar os princípios de funcionamento desta linguagem vamos fazer o acionamento de um motor por meio da linguagem gráfica:

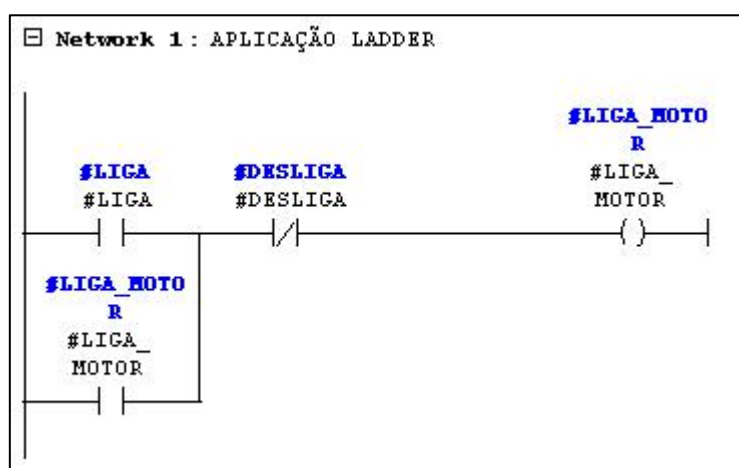


Figura 3 - Aplicação Ladder

Fonte: (Oliveira, 2017)

Na figura 3, vemos logo a representação de um contato normalmente aberto (LIGA) e um contato normalmente fechado (DESLIGA). Na prática são os botões tipo push button, largamente utilizados em circuitos de controles elétricos.

As instruções de entrada são os contatos normalmente aberto e normalmente fechado, a instrução de saída, representado pelo símbolo abaixo da palavra LIGA_MOTOR da figura 3 é o estado do motor acionado ou parado.

2. CONCEITO

A indústria em questão recebe duas linhas de transmissão de energia elétrica de 88KV (mil volts), e são nomeadas como Linha 1 e Linha 2 (vide Figura 4). Tanto a indústria quanto a cidade onde a indústria está situada, podem operar na mesma linha, ao mesmo tempo, porém a concessionária de energia determina que sejam adotadas preferências nas operações e que em qualquer alteração de mudança de linha, a concessionária deve ser comunicada para a realização da alteração.

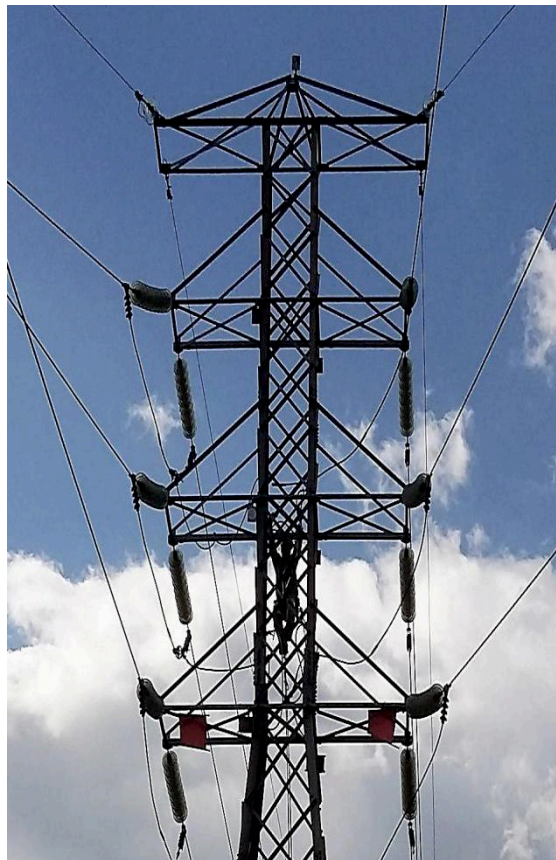


Figura 4 - Linhas de Transmissão 1 e 2
Fonte: (Galhardo, 2017)

A cidade onde a indústria está localizada, opera preferencialmente na Linha 1 e a indústria na Linha 2. Existem excessões nessas operações e ambos os consumidores podem operar na mesma linha e ao mesmo tempo.

Isso ocorre nas seguintes situações: quando a concessionária solicita uma mudança de linha para realizar algum tipo de manutenção, preventiva por exemplo, em caso de falhas, ou até mesmo em uma sobrecarga do sistema elétrico.

Quando a indústria recebe um comunicado de alteração temporária de linha, o mesmo é enviado pela sala de operações da concessionária. Para essas solicitações, o seguinte procedimento é adotado pela indústria: O coordenador de manutenção solicita através de chamados internos o electricista de plantão e passa as instruções do que deve ser feito.

À partir daí, o electricista se desloca à uma distância de aproximadamente 1 km da sala de manutenção até a sala de comando da subestação, onde serão realizadas as manobras. Ao chegar na sala de comando o coordenador entra em contato com a concessionária comunicando que a manobra está sendo realizada. Após esse procedimento a indústria passa a operar na outra linha, que em muitas vezes é a mesma onde a cidade também está sendo alimentada.

Com a proposta de implantação do sistema supervisorio de monitoramento e controle, essas operações podem passar a ser realizadas através das salas de engenharia ou até mesmo de manutenção através de um computador, bem como a liberação de acesso a pessoas autorizadas.



Figura 5 - Subestação de energia elétrica de 88kV

Fonte: (Galhardo, 2017)

3. MATERIAIS, MÉTODOS E DESENVOLVIMENTO

Nesta proposta, foi desenvolvido um diagrama elétrico através do software EPLAN (vide páginas exemplo, nos anexos 1, 2 e 3), projetado para a montagem de um painel de comando onde serão interligados os sinais elétricos de sinalização de estado dos equipamentos da subestação.

Para esta simulação, serão contemplados apenas os principais equipamentos da subestação, que são as chaves seccionadoras e disjuntores. Também foi montado um projeto de programação em CLP, conforme mostram as figuras 6 e 7, utilizando linguagem ladder (vide figura 8), onde teremos toda a lógica de intertravamento dos equipamentos, desligamento, mudança de estado e religamento remoto dos equipamentos da subestação.

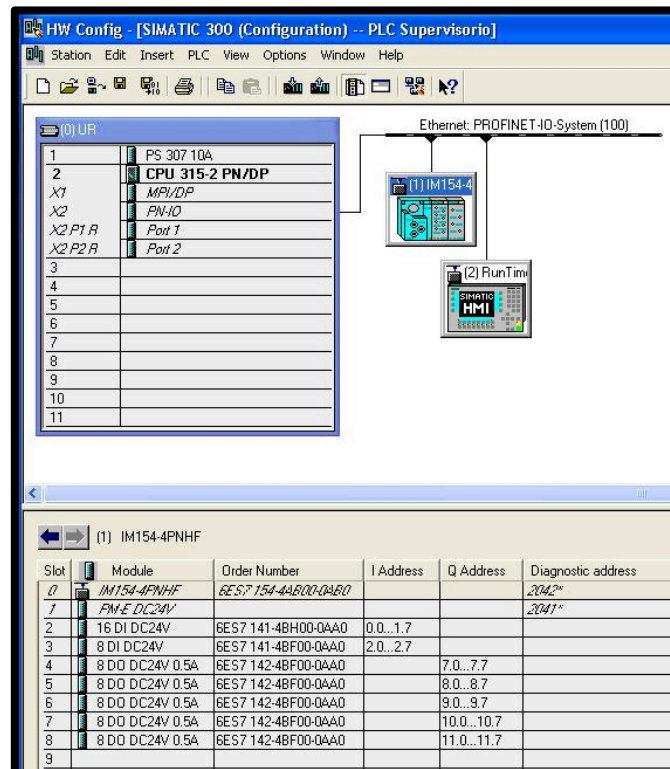


Figura 6 - Configuração de Hardware do Projeto de CLP
Fonte: (Oliveira, 2017)

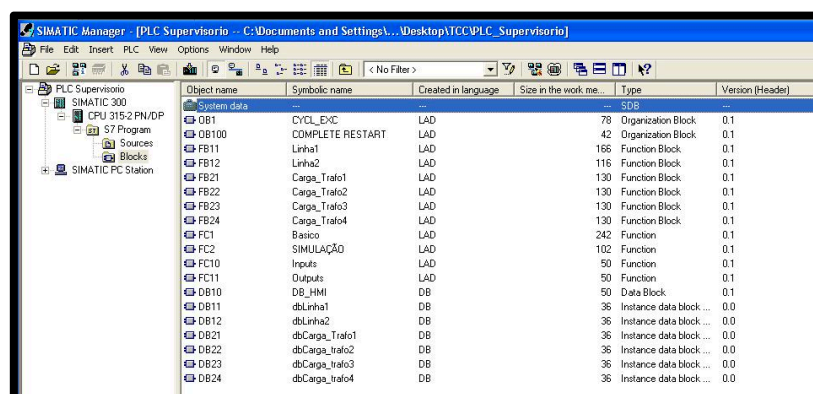


Figura 7 - Configuração de Software (Bloco) do Projeto de CLP
Fonte: (Oliveira, 2017)

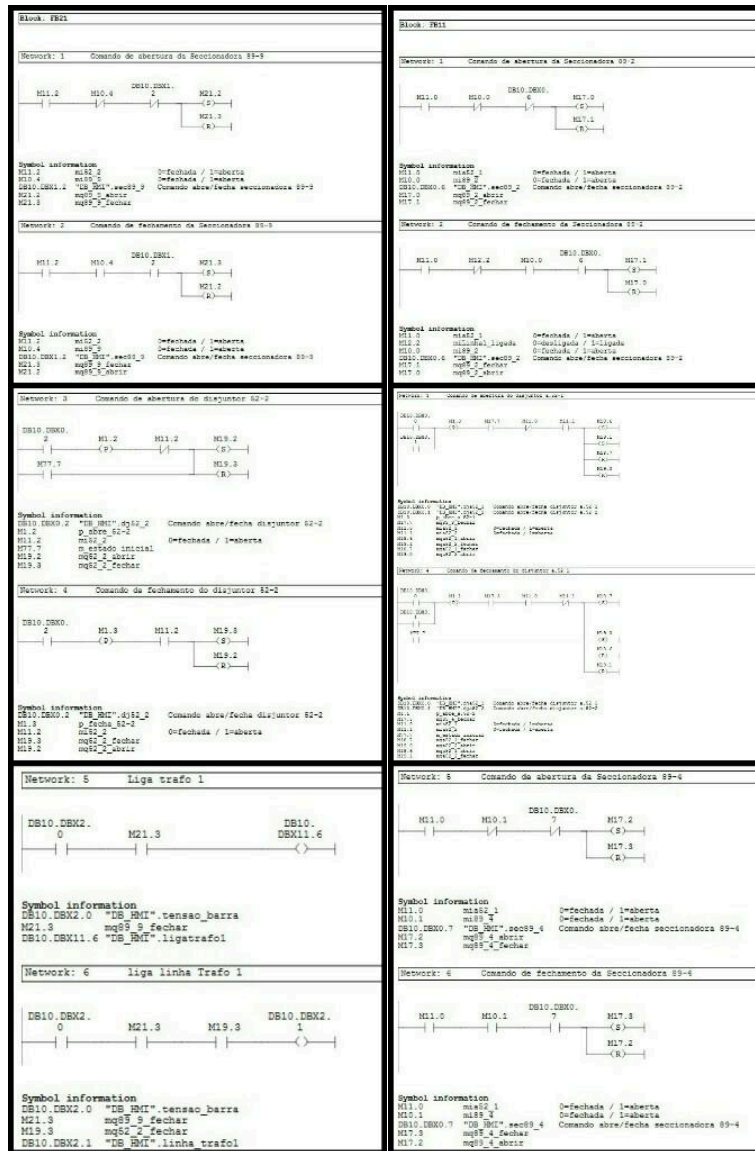


Figura 8 - Linguagem ladder utilizada nos Blocos
 Fonte: (Oliveira, 2017)

O CLP enviará todas as condições dos equipamentos para uma IHM (Interface Homem-Máquina). Através desta, via comunicação Ethernet, todos os sinais serão monitorados e controlados através de um computador com o software supervisor. Esse software mostrará em tempo real os estados em que se encontram os equipamentos da subestação. O modelo utilizado para a simulação pode ser visto na figura 9.

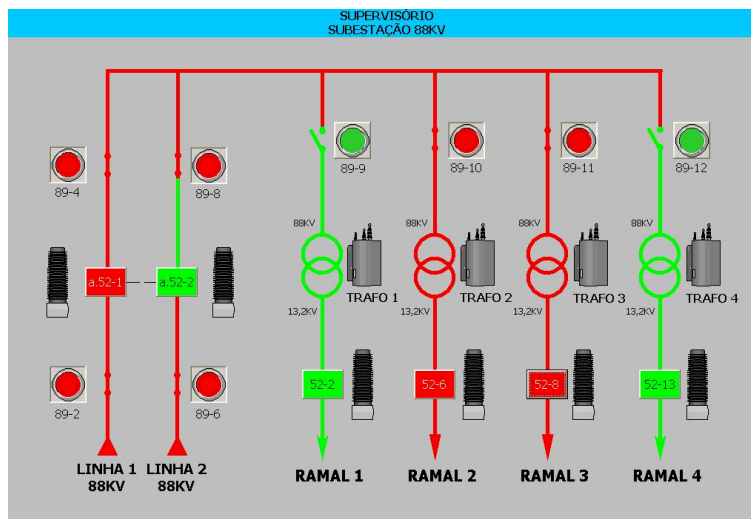


Figura 9 - Tela sinótica da IHM do supervisório
Fonte: (Oliveira, 2017)

4. RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES

Durante o desenvolvimento dessa proposta foi analisada com cautela a implantação dessa aplicação, pois se trata de acionamentos e manobras que podem comprometer todo o sistema elétrico, equipamentos e a continuidade dos processos produtivo da indústria.

Outro aspecto importante que foi levado em consideração na implantação desse projeto é a segurança dos eletricitistas que realizam as manobras nos equipamentos de média e alta tensão. É preciso seguir todos os itens de segurança para não comprometer a saúde e integridade física dos operadores. Para isso foram consultadas duas normas básicas, a NR10 “Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade” e a NBR 14039 “Instalações Elétricas de Média Tensão”.

A aplicação do monitoramento e acionamentos remotos, reduzirá e otimizará tempo de mão-de-obra dos eletricitistas e um fácil acesso também para os responsáveis, como engenheiros e coordenadores de manutenção.

Como sugestão de melhoria futura, deixamos a oportunidade da implementação de um sistema SCADA para a subestação, onde além do monitoramento e controle básicos, seria possível fazer análises de tendências, avisos e alarmes dos equipamentos, tendo assim um controle mais correto dos equipamentos para uma melhor tomada de decisões. Além disso, pode-se

acrescentar também, por exemplo, o envio de SMS e/ou comunicação via e-mail com informações relevantes dos equipamentos monitorados.

5. REFERÊNCIAS

Automação de Sistemas Elétricos de Potência. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/128121/mod_resource/content/1/PDF_AUTO_SIST_POTENCIA.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.

CASILLO, Danielle. **Automação e Controle - Sistemas Supervisórios.** Disponível em: <http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/166/arquivos/Automacao%20e%20Controle%202010_2/Automa%C3%A7%C3%A3o%20e%20Controle%20-%20Supervis%C3%B3rio.pdf>. Acesso em 21 ago. 2017.

GONÇALVES, Ana Paula; SALVADOR, Marcelo. **O que são sistemas supervisórios.** Disponível em: <http://www.wectrus.com.br/artigos/sist_superv.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2017

GUEDES, Rodrigo. **Sistema de controle, utilizando CLP e supervisório, para a correção do fator de potência e balanceamento de fases no secundário de um transformador de uma subestação.** 47f. Monografia (Graduação) – Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal de Ouro Preto, 2009

MOTT, Anderson. **O que são Sistemas Supervisórios?** Disponível em: <<https://www.automacaoindustrial.info/o-que-sao-sistemas-supervisorios/>>. Acesso em: 23 ago. 2017.

O que é e quais as vantagens de utilizar um Sistema Supervisório? Disponível em: <www.automacaoindustrial.info>. Acesso em 22 ago. 2017.

PAIOLA, Carlos E. G. **O papel do supervisório no atual contexto tecnológico.** Disponível em: <http://www.aquarius.com.br/Boletim/InTech132_artigo.pdf>. Acesso em 22 ago. 2017.

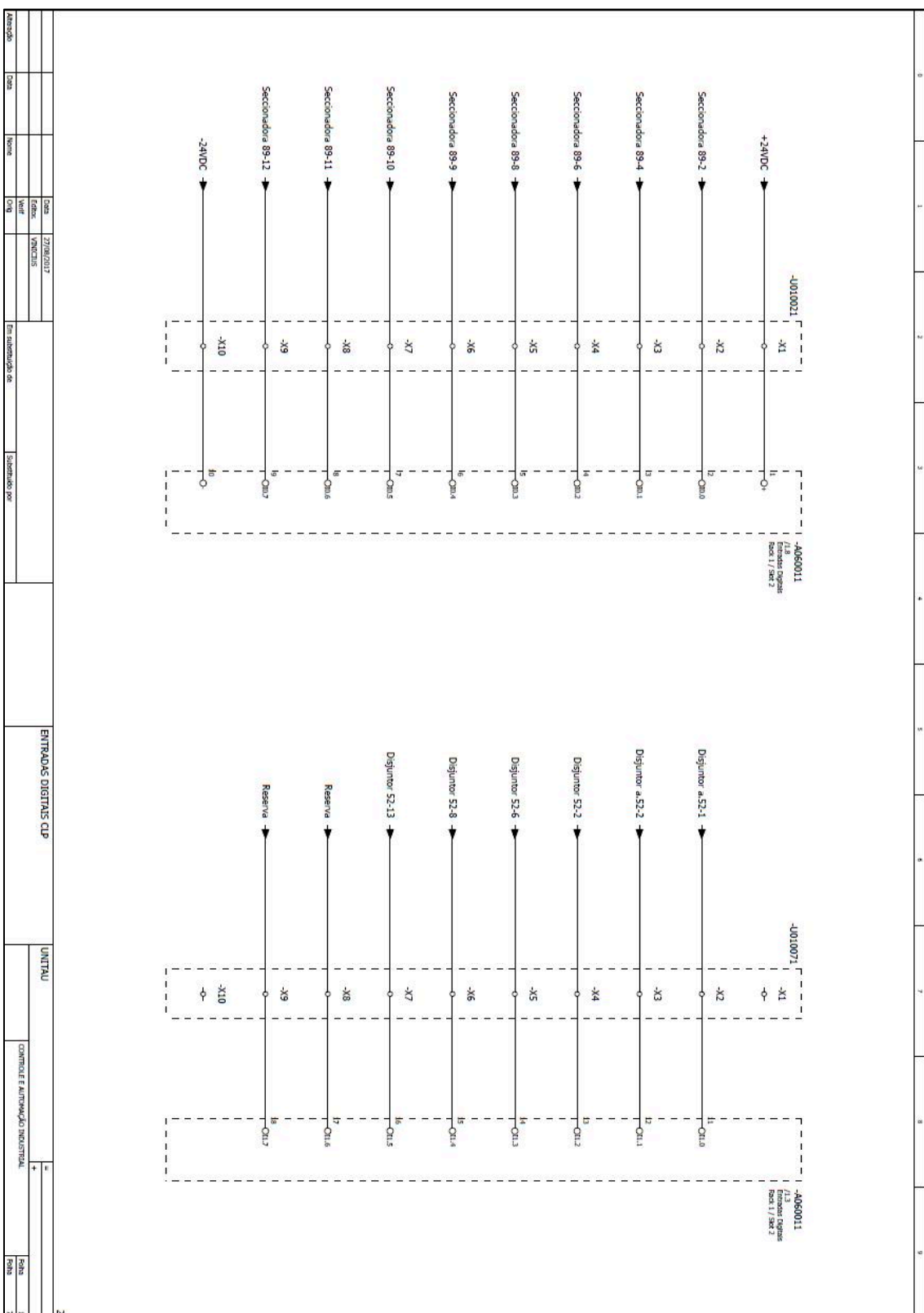
PINHEIRO, José Maurício Santos. **Introdução às redes de supervisão e controle.** Disponível em: <http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_redes_d_e_supervisao_e_controle.php>. Acesso em: 26 ago. 2017

SOUTO, Allan de Oliveira; FONSECA, Marcos de Oliveira. **Automação de Subestações Industriais**. Disponível em: <<http://tecnologiammm.com.br/files/v3n3/v3n3a08.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

SOUZA, Rodrigo Barbosa. **Uma Arquitetura para Sistemas Supervisórios Industriais e sua Aplicação em Processos de Elevação Artificial de Petróleo**. 71f. Tese (Mestrado) - Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2005.

ANEXO 1

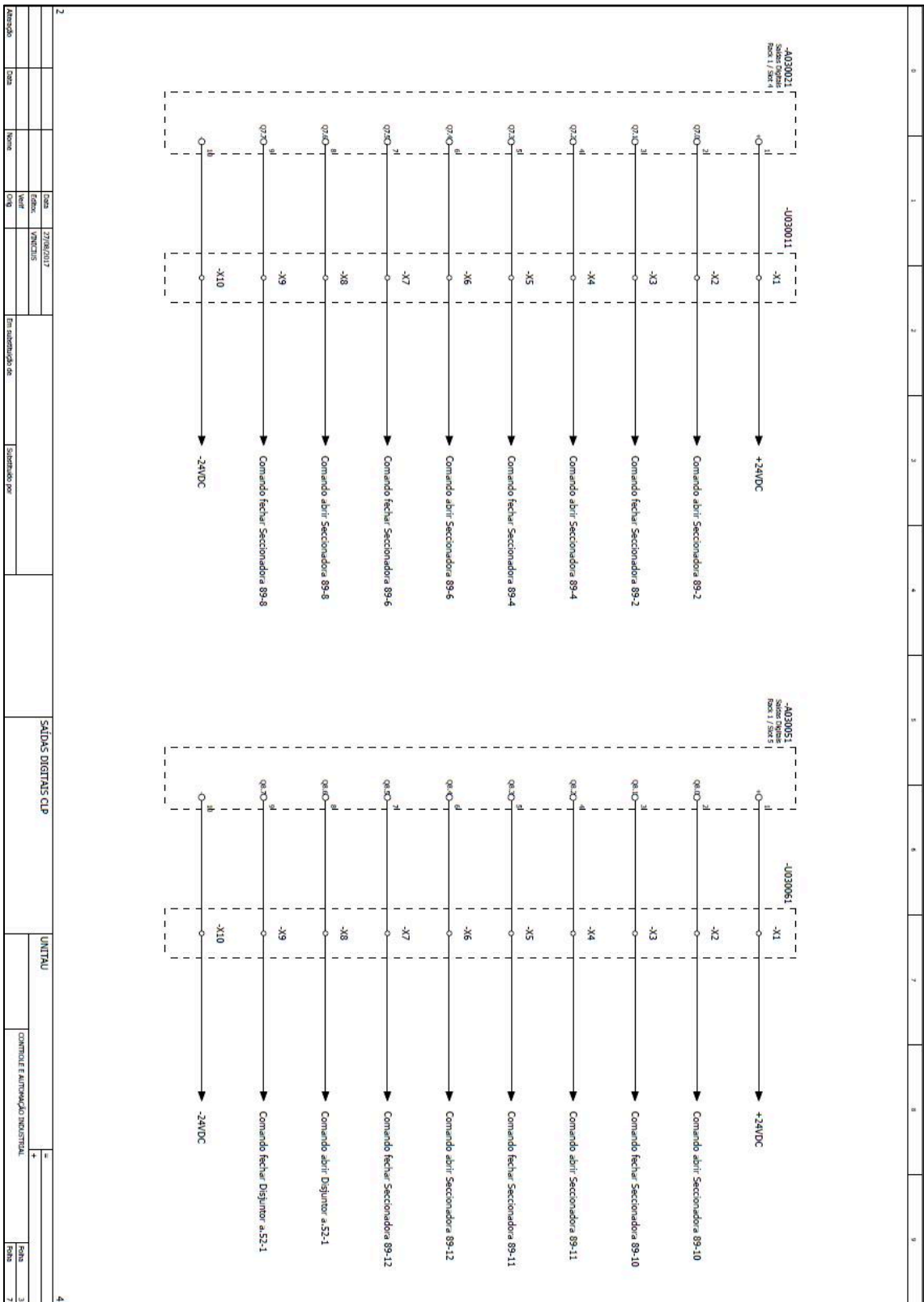
DIAGRAMA ELÉTRICO - ENTRADAS DIGITAIS



Fonte: (Oliveira, 2017)

ANEXO II

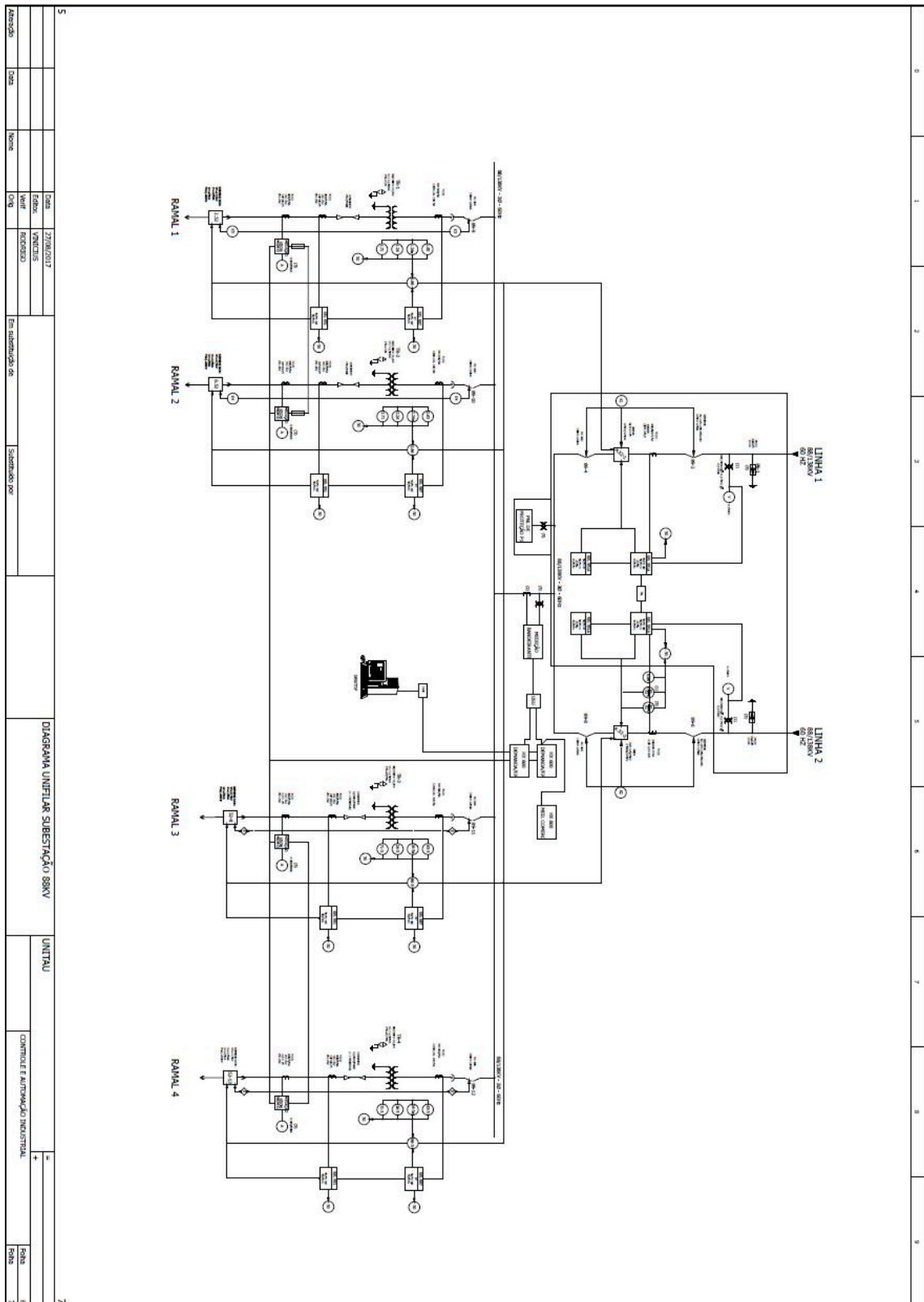
DIAGRAMA ELÉTRICO - SAÍDAS DIGITAIS



Fonte: (Oliveira, 2017)

ANEXO III

DIAGRAMA ELÉTRICO - UNIFILAR DA SUBESTAÇÃO DE ENERGIA



Fonte: (Oliveira, 2017)