

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA
DE MINAS GERAIS
Engenharia de Automação Industrial

**CALIBRAÇÃO AUTOMATIZADA DE MEDIDORES DE VAZÃO EM
UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES**

Paula Francisca Gomes Rodrigues

Araxá/M.G.

Dezembro de 2013

Paula Francisca Gomes Rodrigues

**CALIBRAÇÃO AUTOMATIZADA DE MEDIDORES DE VAZÃO EM
UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro Federal de Educação
Tecnológica de Minas Gerais - Unidade
descentralizada de Araxá, como parte das
exigências para conclusão do curso de
Engenharia de Automação Industrial.

Professora Orientadora: Doutora Aline
Fernanda Bianco

ARAXÁ/M.G.

Dezembro de 2013

Dedico aos meus pais e irmã pelo apoio,
dedicação e amor por toda a vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meus pais, Aparecida e Vanderli e a minha irmã Rafaela por todo o apoio, companheirismo e amor nessa caminhada.

Agradeço a minha família, avó, tios e tias, primos e primas pelos incentivos.

Agradeço aos professores do CEFET – M.G. Campus Araxá por todo conhecimento compartilhado ao longo do curso e por terem se tornado nossos amigos.

Agradeço a professora doutora Aline Fernanda Bianco por toda sua dedicação nas disciplinas ministradas, pela amizade e orientação nesse trabalho de conclusão de curso.

Agradeço aos colegas de aula, verdadeiros amigos, por todos os momentos que passamos juntos.

*“Good, better, best. Never let it rest.
Until your good is better And your better is best.”*

Tim Duncan

RESUMO

Em qualquer processo industrial a confiabilidade de medição dos instrumentos é fundamental para que a qualidade dos produtos seja assegurada. Haja vista este fato, a calibração dos equipamentos deve ser extremamente precisa e obedecer aos padrões aplicados pelos institutos de metrologia. Pensando nisso, existem várias técnicas de calibração disponíveis de acordo com cada instrumento. O processo de calibração pode ser demorado e dispendioso. Sendo assim, propõe-se para esse projeto a automação da calibração dos medidores de vazão da planta de vazão de uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETEL) e, por consequência, a otimização dessa tarefa. A calibração automatizada proporciona agilidade e evita o deslocamento de mão de obra até o campo a não ser que os equipamentos necessitem ser ajustados. O trabalho contempla o desenvolvimento do descritivo funcional do processo, diagrama P&ID (processo e instrumentos), lógica para PLC (Controlador Lógico Programável) e sistema supervisor.

Palavras-chave: Automação. Calibração. Medidores de Vazão. PLC. P&ID. Estação de Tratamento de Efluentes.

ABSTRACT

In any industrial process reliability of measuring instruments is essential for product quality is ensured. Considering this fact, calibration of equipment must be extremely accurate and comply with the standards applied by the metrology institutes. Regarding to it, there are several calibration techniques available according to each instrument. The calibration process can be time consuming and costly. Thus, it is proposed for this project automation of the calibration of flowmeters from an Effluent Treatment Station (EST) and, consequently, the optimization of this task. Automated calibration provides agility and prevents the displacement of labor to the field unless the equipment need to be adjusted. The work includes the development of the functional description of the process diagram P&ID (Process & Instruments Diagram), logic for PLC, and a supervisory system.

Keywords: Automation. Calibration. Flowmeters. PLC. P&ID. Effluent Treatment Station.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1- COLMEIAS DE SEDIMENTAÇÃO _____	13
FIGURA 2 - ESQUEMA SIMPLIFICADO DE UMA ESTAÇÃO DE MEDIÇÃO ____	20
FIGURA 3 - CORTE DO ROTOR E DIFUSOR _____	21
FIGURA 4 - MOTOR-BOMBA NO P&ID _____	22
FIGURA 5 - MANÔMETRO TUBO DE BOURDON _____	23
FIGURA 6 - ESTRUTURA TUBO DE BOURDON _____	23
FIGURA 7 - INDICADOR DE PRESSÃO _____	24
FIGURA 8 - ELEMENTO MEDIDOR DE VAZÃO _____	26
FIGURA 9 - FLUXO EM UMA VÁLVULA _____	27
FIGURA 10 - ATUADOR E CORPO DE UMA VÁLVULA _____	28
FIGURA 11 - VÁLVULA – P&ID _____	29
FIGURA 12 - CALIBRAÇÃO DIRETA _____	31
FIGURA 13 - CALIBRAÇÃO INDIRETA _____	31
FIGURA 14 - DIAGRAMA DE FLUXO DE UM PROVADOR DE MEDIDOR PARA LÍQUIDOS _____	32
FIGURA 15 - LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO METROVAL _____	33
FIGURA 16 - SLC 500 _____	34
FIGURA 17 - REPRESENTAÇÃO DOS SISTEMAS DE CONTROLE _____	35
FIGURA 18 - - ETAPAS DE SUPERVISÃO E CONTROLE UTILIZANDO CLPS ____	36
FIGURA 19- DIAGRAMA DE BLOCOS DE UM CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL _____	37
FIGURA 20 - DIAGRAMA DE BLOCOS DOS PRINCIPAIS COMPONENTES DA CPU _____	37
FIGURA 21 - DIAGRAMA DE BLOCOS DO CLP _____	38
FIGURA 22 - ESTRUTURA BÁSICA DA CPU _____	38
FIGURA 23 - ESTRUTURA BÁSICA DO SISTEMA DE MEMÓRIA _____	40
FIGURA 24 - FONTE EXTERNA _____	41
FIGURA 25 - ILUSTRAÇÃO DO SCAN DO CLP _____	42
FIGURA 26 - EXEMPLO DO PROGRAMAÇÃO EM LINGUAGEM LADDER ____	43
FIGURA 27 - ALGUMAS REPRESENTAÇÕES DE CONTATOS ELÉTRICOS NORMALMENTE ABERTOS (NA). _____	43

FIGURA 28 - ALGUMAS REPRESENTAÇÕES DE CONTATOS ELÉTRICOS NORMALMENTE FECHADOS (NF) _____	44
FIGURA 29 - OPERAÇÃO E SISTEMA SUPERVISÓRIO _____	45
FIGURA 30 - - EXEMPLO DE UMA TELA DE SUPERVISÓRIO _____	46
FIGURA 31 - INTERAÇÃO ENTRE PROCESSO, CLP E SUPERVISÓRIO _____	47
FIGURA 32 - - MÓDULO DE DESENVOLVIMENTO _____	49

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- REPRESENTAÇÃO DE BOBINAS EM LADDER POR ALGUNS FABRICANTES.....	44
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASCII	American Standard Code for Information Interchange (Código Padrão Americano para Troca de Informações)
BFD	Block Flow Diagram (Fluxograma de Blocos)
CLP	Controlador Lógico Programável
CPU	Central Processing Unit (Unidade de Processamento Central)
DDE	Dynamic Data Exchange (Intercâmbio Dinâmico de Dados)
EFD	Engineering Flow Diagram (Fluxograma de Engenharia)
ETEL	Estação de Tratamento de Efluentes
I/O	Inputs/Outputs (Entradas/Saídas)
IEC	International Electrotechnical Commission (Comissão Eletrotécnica Internacional)
IHM	Interface Homem-Máquina
ISA	Instrumentation Society of America
MFD	Mechanical Flow Diagram (Fluxograma Mecânico)
NA	Normalmente Aberto
NF	Normalmente Fechado
NIST	National Institute of Standards and Technology (Instituto Nacionais de Padrões e Tecnologia)
OLE	Object Linking and Embedding (Vinculação e Incorporação de Objetos)
OPC	OLE for Process Control (Vinculação e Incorporação de Objetos para Controle de Processo)
P&ID	(Process & Instruments Diagram – Diagrama de Processos e Instrumentos)
PFD	Process Flow Diagram (Fluxograma de Processo)
PLC	Programmable Logic Controller
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition (Controle Supervisório e Aquisição de Dados)
SFD	System Flow Diagram (Fluxograma de Sistema)
SM	Sistema de Medição
UFD	Utility Flow Diagram (Fluxograma de Utilidades)

SUMÁRIO

RESUMO	5
ABSTRACT	6
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	7
LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	10
1. INTRODUÇÃO	13
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS E PRÁTICOS	17
2.1 DESCRITIVO FUNCIONAL DA PLANTA DE VAZÃO	17
2.2 SEQUÊNCIA DE OPERAÇÃO.....	18
2.3 DIAGRAMA DE PROCESSOS E INSTRUMENTOS	19
2.4 EQUIPAMENTOS – PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO	21
2.4.1 BOMBAS HIDRÁULICAS	21
2.4.2 INDICADOR DE PRESSÃO	22
2.4.3 MEDIDOR DE VAZÃO	25
2.4.4 VÁLVULAS.....	27
2.5 CALIBRAÇÃO DE MEDIDORES DE VAZÃO	29
3. PROGRAMAÇÃO DO PLC	34
3.1 ARQUITETURA E MODOS DE OPERAÇÃO DE UM CLP	36
3.1.1 CPU – UNIDADE CENTRAL DE PROCESSAMENTO	38
3.1.1.1 PROCESSADOR	39
3.1.1.2 SISTEMA DE MEMÓRIA	39
3.1.1.3 MÓDULOS DE ENTRADA E SAÍDA	40
3.1.1.4 FONTE DE ALIMENTAÇÃO.....	40
3.1.2 MODO DE PROGRAMAÇÃO E OPERAÇÃO	41
3.2 PROGRAMAÇÃO DO PLC – LINGUAGEM LADDER.....	42
4. INTERFACE HOMEM-MÁQUINA	45
4.1 MODOS DE OPERAÇÃO	48

4.2	INTOUCH WONDERWARE.....	49
5.	CONCLUSÃO.....	50
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
7.	ANEXOS.....	54

1. INTRODUÇÃO

Calibração é um conjunto de ações que estabelecem, sob certos parâmetros, a comparação entre os valores indicados por instrumentos de medição e os valores referentes aos padrões utilizados. A calibração é de fundamental importância para qualidade de certo processo já que garante que os instrumentos de controle estejam dentro de um critério aceitável e não interfiram no produto final.

A frequência de calibração de aparelhos de medição varia de acordo com cada tipo de instrumento, sua aplicação no processo e sua frequência de utilização. Devem ser calibrados aqueles que tenham influência direta no resultado final do processo, não importando em qual etapa se encontram.

Em vista da importância deste procedimento, será realizada a automação da planta de vazão e calibração dos medidores de vazão de uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETEL).

A ETEL caracteriza-se por uma unidade da indústria que recebe, trata e devolve ao meio ambiente a água utilizada durante o processo de concentração de minério. A água recebe a adição de produtos químicos para equilibrar seu pH (índice de acidez), além de passar pelas colmeias de sedimentação, mostradas na Figura 1, para que as partículas mais pesadas separem-se da solução.



Figura 1- Colmeias de Sedimentação

Fonte: Autoria própria

Anexa a Estação de Tratamento de Efluentes encontra-se a planta de calibração de medidores de vazão. A planta conta com dois circuitos de calibração. Um para medidores de pequeno porte e outro para grandes medidores. Ambos os circuitos são alimentados por bombas independentes conectadas a um mesmo tanque e contam com medidores *master* de vazão (medidores padrão).

O circuito menor, aqui denominado circuito A, conta com quatro linhas de calibração com capacidade de um medidor por vez. Já o circuito B, circuito maior, conta com seis linhas com capacidade para até quatro medidores por vez, como pode ser observado no Anexo A.

Para a execução da sequência escolhe-se o circuito e a linha de medidores, faz-se então a água passar por toda sua extensão durante determinado tempo e a partir da comparação entre as vazões acusadas pelo *master* e o medidor tem-se a calibração.

Segundo Delmée (2006, p.134)

A aferição em comparação a um *master* (medidor padrão) é muito simples, em princípio, e consiste em fazer passar a vazão numa tubulação onde o instrumento a ser aferido e o *master* estão montados em série, com os cuidados necessários para que não haja interferência ou perturbação um do outro. Nada obriga a que o medidor sendo aferido e o *master* sejam do mesmo tipo. [...] Os cuidados a serem tomados são derivados do bom senso: a precisão do *master* tem que ser compatível com a precisão do medidor aferido, e levada em conta na determinação da incerteza nas medições; os efeitos indiretos das variáveis de influência têm que ser compensados; são necessários vários levantamentos da curva de precisão *versus* vazão para que uma média estatística razoável seja apurada, entre outras.

A automação consiste em fazer com que todos os comandos para a realização desse processo sejam feitos através de um Controlador Lógico Programável (do inglês Programmable Logic Controller) – CLP ou PLC previamente carregado com um programa em linguagem *Ladder* que contenha todas as ações a serem executadas. Como meio para monitorar o funcionamento da planta, utiliza-se um sistema supervisório, que além de ser sua animação, apresenta todos os dados colhidos e relativos ao processo.

As informações obtidas permitem ao operador, na sala de controle, visualizar o decorrer da calibração, seu andamento, os status das variáveis do processo e alarmes para os medidores que não estão dentro dos limites aceitáveis para seu bom funcionamento.

Sabe-se que “no processo manual de calibração, as funções atribuídas a um metrologista, resumidamente podem ser expostas da seguinte maneira:

1. Configuração ou *setup* dos equipamentos utilizados;
2. Realização das conexões entre padrão e unidade sob teste;
3. Geração de valores de referência;
4. Realização das leituras, registrando os valores indicados no equipamento sob teste, numa planilha eletrônica ou em papel;
5. Cálculo dos valores de incerteza;
6. Apresentação dos resultados.” (FOIATTO, ROEHE, 2006, p.1)

Sendo assim, a calibração dos medidores de vazão executada por profissionais capacitados leva tempo devido ao *setup* dos instrumentos e deslocamento destes até o campo, além de serem feitas repetidas vezes já que os equipamentos não podem ser calibrados ao mesmo tempo.

A gerência dos dados gerados pelos equipamentos, primeiramente é feita manualmente para posterior transferência para meio eletrônico. A atividade manual é lenta e dispendiosa, além de propícia à ocorrência de erros de operação e requerer a permanência de um instrumentista no local durante toda a sua duração.

Visando otimizar o procedimento de calibração de tais instrumentos, propõe-se sua automatização a fim de proporcionar maior agilidade, confiabilidade e não haver necessidade de mão de obra no local para execução da tarefa.

O desenvolvimento e implantação desse trabalho farão com que até quatro medidores sejam calibrados simultaneamente, diminuindo tempo e custo em sua realização. Haverá aproveitamento de uma mesma sequência de operação, independentemente dos modelos e marcas dos instrumentos, estes poderão ser instalados em um mesmo circuito e comparados ao *master*.

A presença do instrumentista nesta planta será apenas necessária se o sistema supervisorio acusar que um ou mais equipamentos estão fora da faixa de calibração. A lógica de automação é preparada para calcular a todo instante os dados fornecidos pelos medidores, incluindo o padrão. A qualquer sinal de anormalidade, alarmes serão enviados ao operador acusando desvios e situações diferentes do estabelecido no programa em Ladder.

O processo de calibração será iniciado e determinado quando do comando do operador do painel da usina na tela de supervisor. O tempo produtivo de um metrologista, portanto, é melhor aplicado nesse sistema. Para a execução de toda a operação automatizada não é necessário um profissional especializado. Todos os passos e parâmetros para sua realização são ativados pelo mesmo pessoal que gerencia as outras sequências das plantas.

Este trabalho contempla o desenvolvimento de um modelo de automação que supra essas necessidades e que possa ser utilizado como referência para novas implementações na Estação de Tratamento de Efluentes, bem como para futuras obras em outras plantas. Através da estruturação dessa metodologia e da planta de vazão, será possível operá-la via supervisor, monitorando todas suas variáveis ao longo de toda a operação, demonstrando os efeitos da calibração automatizada dos medidores de vazão.

No Capítulo 2 serão tratados os fundamentos teóricos e práticos relativos à planta de vazão, sua funcionalidade e equipamentos presentes. Serão apresentados seu diagrama P&ID (*Process & Instruments Diagram* – Diagrama de Processos e Instrumentos) e diagrama elétrico de acionamentos, além de informações e especificações a respeito dos equipamentos, conceitos de calibração, aferição e ajustes dos medidores de vazão.

O capítulo seguinte traz os critérios de funcionamento do microcontrolador utilizados e a definição e listagens dos endereços de entradas e saídas em uso no PLC para desenvolvimento da lógica de automação. A partir desse ponto, são apresentadas as simulações da planta de vazão.

No quarto capítulo, será criada a animação da planta de calibração - sistema supervisor e a comunicação entre essa interface e a lógica desenvolvida no capítulo anterior. Origina-se, então, o conceito conhecido como IHM – Interface Homem-Máquina, onde, através de um ambiente de simulação se controlam equipamentos.

O interesse do presente projeto é desenvolver e criar esse modelo automatizado, propiciando uma visualização das atuais possibilidades no tratamento da metrologia para medidores de vazão aliadas ao conceito de otimização, aumento da produtividade, diminuição do tempo de *setup* e erros de operação.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS E PRÁTICOS

Neste capítulo serão apresentados todos os aspectos, especificações e considerações que devem ser levados em conta para que o projeto atenda às necessidades que a planta de calibração requer para seu eficiente e total funcionamento. O descritivo funcional e o detalhamento de equipamentos serão tratados para uma planta real e sua simulação em ambiente virtual.

2.1 DESCRITIVO FUNCIONAL DA PLANTA DE VAZÃO

Deseja-se calibrar automaticamente medidores de vazão na Estação de Tratamento de Efluentes a partir da comparação com dois padrões instalados na planta. Cada padrão será instalado em uma linha de transmissão de água conectada a um tanque de recirculação que é abastecido a partir de um poço de água limpa.

Tem-se uma bomba em cada linha, bomba BB1 na linha do medidor padrão S1 e bomba BB2 na linha do medidor padrão S2. A utilização de uma ou outra depende de qual ou quais medidores deseja-se calibrar.

Um sistema de intertravamento entre o nível do tanque e as bombas evita que estas cavitem durante o processo ou ao serem acionadas quando o volume de água é menor que o necessário para o início da sequência. Tal procedimento garante que as bombas sejam travadas enquanto a condição de volume maior ou igual a necessária não for satisfeita.

“Quando a pressão absoluta em um determinado ponto se reduz a valores abaixo de certo limite, alcançando o ponto de ebulição da água (para essa pressão) esse líquido começa a ferver e os condutos ou peças (de bombas, turbinas ou tubulações) passam a apresentar em parte, bolsas de vapor dentro da própria corrente. O fenômeno de formação e destruição dessas bolsas de vapor, cavidades preenchidas com vapor, denomina-se cavitação.” (NETTO, FERNANDEZ, ARAUJO, ITO, p. 287)

“Sempre que a pressão em algum ponto da bomba ou turbina atinja o limite crítico (pressão de vapor), as condições de funcionamento tornam-se precárias e as máquinas começam a vibrar, em consequência da cavitação. Os efeitos da cavitação transmitem-se para as estruturas próximas, reduzindo o rendimento e podendo causar sérios danos materiais às instalações.

Os fenômenos de cavitação podem também ocorrer em câmaras e condutos fixos, nos pontos de pressão muito baixa e velocidade muito elevada.” (NETTO, FERNANDEZ, ARAUJO, ITO, p. 287)

O processo inicia-se, então, com a abertura da válvula referente à linha do padrão escolhido e das válvulas da linha de equipamentos selecionada e partida do motor e bomba (através de comando liga remoto ou local) na sequência. É necessário que a vazão em todos os medidores esteja estabilizada para que a totalização seja iniciada. Nessa etapa, as vazões em 4-20mA dos medidores são comparadas com a do padrão também em 4-20mA. Ao final da totalização, alarmes são emitidos no supervisório se algum equipamento estiver fora da faixa de calibração.

2.2 SEQUÊNCIA DE OPERAÇÃO

Resumidamente a operação caracteriza-se por:

- 1) Intertravamento entre nível do tanque e bombas;
- 2) Definir circuito e linha de calibração;
- 3) Ligar bomba;
- 4) Estabilização do sistema;
- 5) *Start*;
- 6) Início da totalização;
- 7) *Stop* no totalizador;
- 8) Desligar bomba;
- 9) Se medidor fora da faixa de calibração: alarme e ajustes em campo.

Cada etapa é a seguir descrita:

Etapa 1: Intertravamento entre nível do tanque e as bombas BB1 e BB2 referentes aos padrões de calibração S1 e S2, respectivamente.

Etapa 2: Selecionar o circuito de calibração (S1 ou S2) em que estão os equipamentos a serem aferidos.

Etapa 3: Selecionar a linha de equipamentos a serem calibrados ligados ao circuito escolhido.

Etapa 4: Abrir válvulas referentes ao circuito e linha selecionados. Ligar bomba.

Etapa 5: Estabilização do processo.

Etapa 6: *Start*: início da totalização (alterar supervisor conforme *set* dos medidores).

Etapa 7: Fim do processo. *Stop* no totalizador. Desligar bomba.

Etapa 8: Se algum dos medidores estiver fora da faixa de calibração, ativar alarme no supervisor.

2.3 DIAGRAMA DE PROCESSOS E INSTRUMENTOS

Visando simplificar e globalizar o entendimento dos documentos sobre os processos industriais, a norma brasileira NBR 8190 “apresenta e sugere o uso de símbolos gráficos para representação dos diversos instrumentos e suas funções ocupadas nas malhas de instrumentação. No entanto, como é dada a liberdade para cada empresa estabelecer/escolher a norma a ser seguida na elaboração dos seus diversos documentos de projeto de instrumentação outras são utilizadas. Assim, devido a sua maior abrangência e atualização, uma das normas mais utilizadas em projetos industriais no Brasil é a estabelecida pela ISA (Instrumentation Society of America).” (COELHO, p. 14)

“Os fluxogramas ou diagramas são desenhos esquemáticos, não projetivos, que mostram toda a rede de tubulações, equipamentos e acessórios de uma instalação industrial.

Devido à complexidade de uma planta industrial típica, normalmente são subdivididos por sistemas ou fluidos de trabalho.

Os fluxogramas têm a finalidade de mostrar o funcionamento de um determinado sistema, desconsiderando-se detalhes de fabricação, construção ou montagem.

Do ponto de vista do processo, representam a classe de desenhos mais importante da instalação, devendo necessariamente o projeto básico contemplá-lo.” (idem, p.19)

Os fluxogramas de processo podem ser:

- Fluxograma de Blocos (*Block Flow Diagram – BFD*);
- Fluxograma de Processo (*Process Flow Diagram – PFD*);
- Diagrama de Processo e Instrumentos (*Process & Instruments Diagram - P&ID*);
- Fluxograma de Engenharia (*Engineering Flow Diagram – EFD*);
- Fluxograma Mecânico (*Mechanical Flow Diagram – MFD*);

- Fluxograma de Utilidade (*Utility Flow Diagram – UFD*);
- Fluxograma de Sistema (*System Flow Diagram – SFD*).

Para este trabalho apresenta-se o Diagrama de Processo e Instrumentos. O P&ID trata-se de um guia para com todas as informações básicas para o entendimento do fluxo do processo e seus equipamentos como na Figura 2.

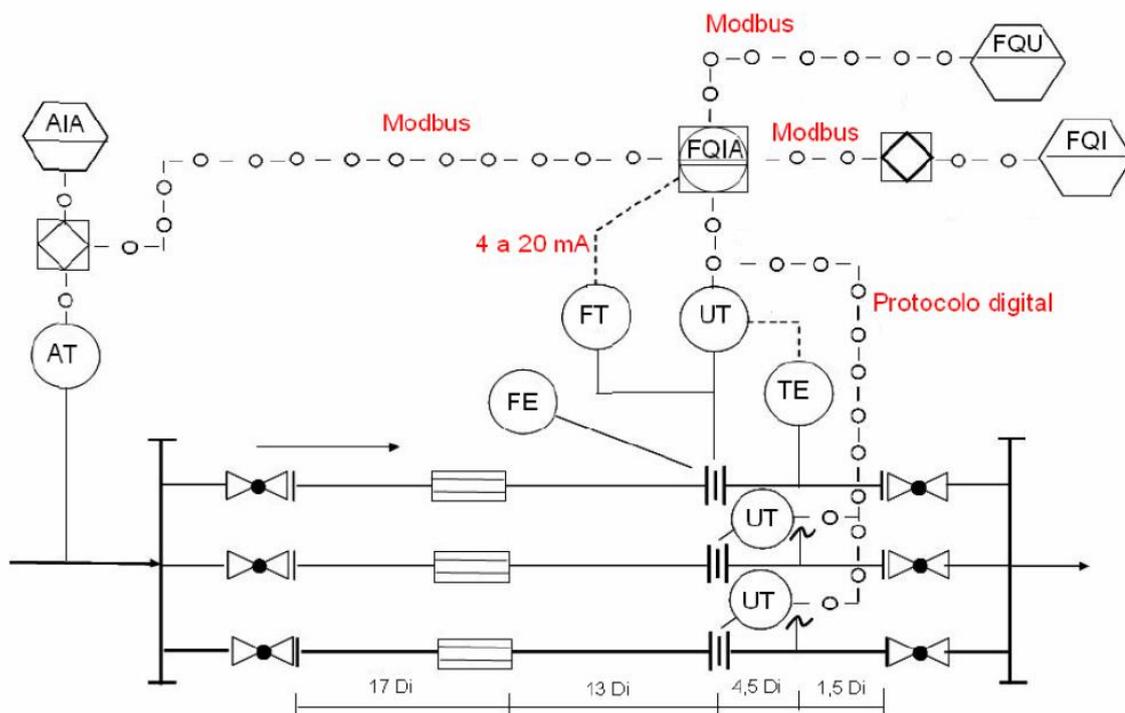


Figura 2 - Esquema simplificado de uma estação de medição

Fonte: BOJORGE, N, p.81

Este documento inclui:

- “Para equipamento: Mostra todas as peças (unidades de reposição, unidades paralelas, detalhes resumo de cada unidade);
- Para tubulação: Inclui todas as linhas (drenos, conexões de amostras e especifica o tamanho (usa tamanhos padrão), materiais de construção, isolamento (espessura e tipo);
- Para Instrumentos: Identifica indicadores, registradores, controladores, etc.;
- Para utilitários - Identifica utilitários de entrada, saída, utilitários para instalações de tratamento de resíduos”. (Ibidem, p.31)

A planta de calibração conta com um tanque, duas bombas, dois motores, quatro indicadores de pressão, dois medidores padrão de vazão, capacidade para até vinte e oito medidores de vazão e vinte e três válvulas manuais.

Utilizando a simbologia para instrumentos de campo e painel e conexões e o descritivo funcional do processo, confeccionou-se o P&ID para essa planta (Anexo A).

2.4 EQUIPAMENTOS – PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

2.4.1 BOMBAS HIDRÁULICAS

As bombas atuam no transporte de água e outros fluidos através de tubulações onde não seja possível o escoamento natural ou com a velocidade requerida. São máquinas comuns em sistemas hidráulicos. É usual que sejam acopladas a motores e geradores elétricos, “formando os chamados “conjuntos motor-bomba” (ou turbinagerador)” (NETTO, P.284). Nesse caso, o rotor (sempre em movimento rotativo) fornece energia ao fluido em forma de energia cinética.

Os principais componentes de uma bomba são o rotor e o difusor. O primeiro “é responsável pela formação de uma depressão no seu centro para aspirar o fluido e de uma sobrepressão na periferia para recalá-lo.” (CARVALHO, p.108)

Já o segundo caracteriza-se por ser um canal de seção crescente (transformação de energia cinética em energia de pressão) que recebe o fluido proveniente do rotor e o encaminha à tubulação de recalque, o corte do rotor e difusor e demonstrado na Figura 3.

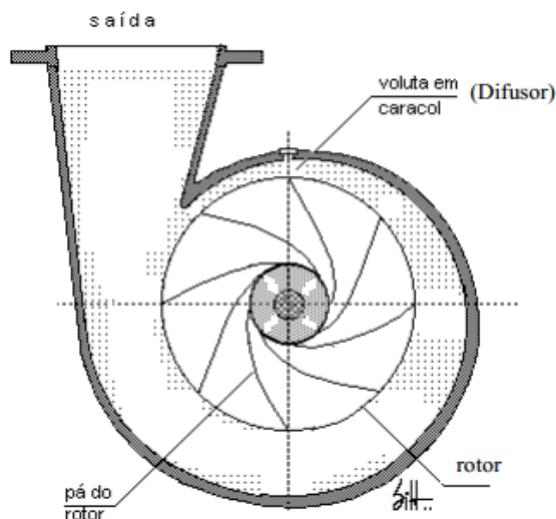


Figura 3 - Corte do rotor e difusor

Fonte: idem, p. 109

A simbologia para o conjunto motor-bomba para o diagrama P&ID é apresentada a seguir na Figura 4:

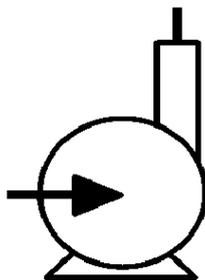


Figura 4 - Motor-bomba no P&ID

Fonte: NBR 8190

2.4.2 INDICADOR DE PRESSÃO

A medição de pressão em fluidos confinados é essencial para a segurança de qualquer processo tanto pelo visto da manutenção dos equipamentos tanto pela qualidade do produto final. Para isso, faz-se necessário o conhecimento de conceitos de pressão e a melhor aplicação dos vários tipos de medidores de pressão.

Segundo Figliola e Beasley (2006, p.296)

A pressão representa uma força de contato por unidade de área. Ela age para dentro e normal à superfície de qualquer fronteira física em contato com um fluido. Um entendimento básico da origem de uma pressão envolve a consideração das forças que atuam entre as moléculas do fluido e as fronteiras sólidas que contêm o fluido. Por exemplo, considere a medição da pressão na parede de um recipiente contendo um gás ideal. Quando uma molécula com alguma quantidade de movimento colide com a parede sólida, ela será desviada para outra direção. Sabemos da segunda Lei de Newton que a variação na quantidade de movimento linear da molécula acarreta uma força de igual valor mas em sentido oposto sobre a parede. É o efeito líquido dessas colisões que leva à pressão na superfície da parede. Fatores que afetam a magnitude ou a frequência das colisões, tais como a temperatura e a massa específica do fluido, afetarão a pressão. De fato, esse raciocínio é a base da teoria cinética da qual é deduzida a equação de estado para um gás ideal.

Os manômetros são utilizados para medir a diferença de pressão baseada na relação entre pressão e a altura da carga hidrostática equivalente de fluido, como na Figura 5.



Figura 5 - Manômetro Tubo de Bourdon

Fonte: Autorial própria

Para esta aplicação sugere-se o uso do manômetro Tubo de Bourdon. Deseja-se apenas monitorar a pressão do fluido na tubulação da planta de calibração. O Tubo de Bourdon consiste em um tubo de metal curvo de seção transversal elíptica que se deforma mecanicamente sob pressão. Existem variações para a forma deste tubo como a forma em C, a espiral e a helicoidal. Uma de suas extremidades é fechada e a outra encontra-se aberta à pressão a ser medida. Sua estrutura é indicada pela Figura 6.

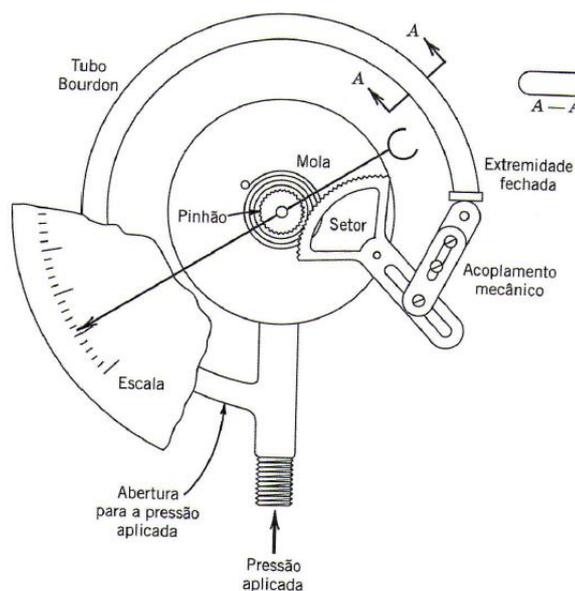


Figura 6 - Estrutura Tubo de Bourdon

Fonte: FIGLIOLA, p.306

Com a pressão agindo em seu interior, o tubo tende a se deformar, resultando no movimento de sua parte fechada. Através de engrenagens esse movimento é transmitido a um ponteiro que indicará uma medida de pressão em uma escala graduada.

Simboliza-se tal manômetro no diagrama de processos e instrumentos, Figura 7, como:

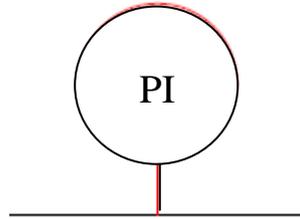


Figura 7 - Indicador de Pressão

Fonte: NBR 8190

Onde: P é a inicial para pressão (do inglês *pressure*), I é a inicial para indicador (do inglês *indicator*).

2.4.3 MEDIDOR DE VAZÃO

“A vazão pode ser expressa em termos de um volume por unidade de tempo, conhecida como vazão volumétrica, ou por uma massa por unidade de tempo, conhecida como vazão mássica. Essa quantidade não é útil somente na medição de escoamento, mas, também, em muitos sistemas de engenharia que requerem informações da medição de vazão para adequado controle de um processo. Por exemplo, em processos de transferência de calor, a taxa de troca de energia entre um sólido e um fluido é diretamente proporcional à vazão mássica do fluido. Muitos produtos manufaturados requerem uma mistura exata de fluidos diferentes escoando com vazões diferentes. Equipamentos de medição de vazão adequadamente projetados e selecionados constituem alta prioridade da engenharia porque, independentemente de o escoamento ser de água para uma residência ou de um poço de petróleo, as medições de vazão estão essencialmente ligadas à economia.” (idem, p.333)

A escolha correta de um medidor de vazão depende de vários fatores como o tipo de fluido, sua condutividade elétrica, transparência, exatidão desejada para a medição, condições termodinâmicas sob as quais o instrumento deve atuar, custo e espaço físico disponível.

Logo, para cada aplicação devemos avaliar qual o melhor instrumento que se adapte às suas especificações e realidade. Para tal, os medidores de vazão são classificados e especificados basicamente em três tipos:

- Medidores indiretos utilizando fenômenos intimamente relacionados à quantidade de fluido passante:
 - Perda de carga variável (área constante):
 - Tubo de Pitot;
 - Tudo de Venturi;
 - Tubo de Dall;
 - Annubar;
 - Placa de Orifício.
 - Área variável (perda de carga constante):

- Rotâmetro.
- Medidores diretos de volume de fluido passante:
 - Deslocamento positivo do fluido:
 - Disco Nutante;
 - Pistão Flutuante;
 - Rodas ovais;
 - Roots.
 - Velocidade pelo impacto do fluido
- Medidores especiais
 - Eletromagnetismo;
 - Vórtex;
 - Ultrassônico;
 - Calhas Parshall;
 - Coriólis.

Para a e simulação da planta de calibração utiliza-se um medidor genérico. Sua simbologia no P&ID é demonstrada na Figura 8:

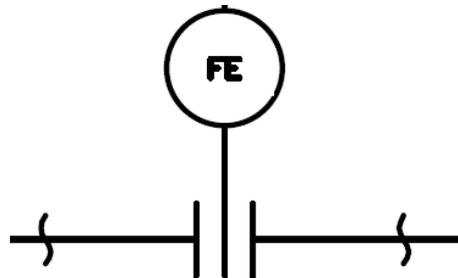


Figura 8 - Elemento medidor de vazão

Fonte: NBR 8190

Onde: F é a inicial para vazão (do inglês *flow*), E é a inicial para indicador (do inglês *element*).

2.4.4 VÁLVULAS

As válvulas são aplicadas com as mais diversas funções, tais como controle e alívio de pressão, limitação de vazão, prevenção de vazão reversa, etc. Assim como os medidores de vazão, existem inúmeros tipos e subtipos de válvulas devido a suas múltiplas funções. A escolha adequada desse instrumento requer que se considerem não só as características de operação, mas, também, as condições de pressão e temperatura, natureza do fluido, forma de acionamento e custos.

Cada válvula possui um funcionamento específico de acordo com sua classificação, todavia, seguem o mesmo princípio, consistem em sua abertura ou fechamento para o controle da vazão de um determinado fluido, seja gás ou líquido, em uma tubulação. Seu fluxo é demonstrado pela Figura 9.

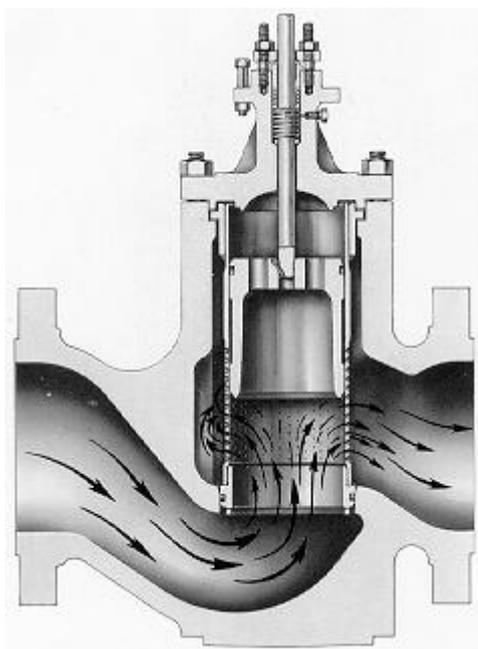


Figura 9 - Fluxo em uma válvula

Fonte: Oliveira, 1999

As válvulas mais empregadas no mercado industrial para o bom funcionamento de tubulações, caldeiras e etc, são as seguintes:

- a) Válvula manual;

- b) Válvula esfera;
- c) Válvula borboleta;
- d) Válvula de retenção;
- e) Válvula gaveta;
- f) Válvula globo;
- g) Válvula de diafragma.

Uma válvula consiste basicamente de dois conjuntos principais: o atuador e o corpo (Figura10). O atuador é responsável em proporcionar a força motriz necessária ao funcionamento do instrumento. “Sendo parte integrante do sistema de controle, ele quando corretamente selecionado, deve proporcionar à válvula meios de operacionalidade estáveis e suaves, contra a ação variável das forças dinâmicas e estáticas originadas na válvula através da ação do fluido de processo.” (PESSA, 2006)

Já o corpo, é a parte da válvula que executa a ação de controle permitindo, de acordo com a necessidade do processo, a maior ou menor passagem de fluido em seu interior. É a parte que entra em contato com o fluido, logo, além de satisfazer as condições citadas previamente, deve satisfazer os requisitos de corrosão do fluido.

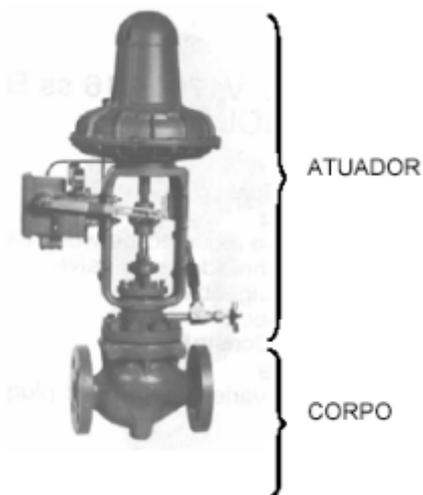


Figura 10 - Atuador e corpo de uma válvula

Fonte: COELHO, p.1

Neste trabalho, utilizam-se válvulas *ON-OFF*, ou seja, independentemente de seu tipo, recebem o comando para que o atuador as abra ou feche totalmente quando necessário. São abertas 100% e fechadas 100%. A Figura 11 ilustra sua representação no P&ID.



Figura 11 - Válvula – P&ID

Fonte: NBR 8190

2.5 CALIBRAÇÃO DE MEDIDORES DE VAZÃO

“A calibração nada mais é que o teste ou avaliação de um instrumento de medição em um laboratório, com referência de outro instrumento de medição da mesma variável de processo que seja o padrão rastreado. A calibração serve para avaliar em que situação de medição encontra-se o instrumento de medição, qual o tamanho do seu erro e sua incerteza atual, para que então esse erro possa ser corrigido e eliminado. Ela tem como objetivo comprovar de maneira oficial a precisão de medição, a linearidade e a incerteza de medição do instrumento através de um certificado conforme trabalho executado com base em padrões rastreados. No caso de medidores de vazão, 100% deles irão perder ao longo do tempo sua precisão de medição mencionada no manual do fabricante, por isso devem ser calibrados periodicamente para não comprometer a qualidade do processo industrial ao qual estão instalados.” (<http://www.mecatronicaatual.com.br/secoes/leitura/738>, em 19/11/2013)

“Um sistema de medição (SM) de boa qualidade deve ser capaz de operar com pequenos erros. Seus princípios construtivos e operacionais devem ser projetados para minimizar erros sistemáticos e aleatórios ao longo de sua faixa de medição, nas suas condições nominais. Entretanto, por melhores que sejam suas características, um SM sempre apresentará erros, seja por fatores internos, seja por ação das grandezas de influência externas. A perfeita caracterização das incertezas associadas a esses erros é de grande importância para que o resultado da medição possa ser estimado de maneira segura.

Embora, em alguns casos, os erros de um sistema de medição possam ser analítica ou numericamente estimados, na prática são utilizados quase exclusivamente procedimentos experimentais. Mediante o procedimento experimental denominado calibração é possível correlacionar os valores indicados pelo sistema de medição e sua correspondência com a grandeza que está sendo medida.” (SILVA NETO, p.166)

A obtenção do resultado de uma calibração permite determinar as correções que devem ser aplicadas ao instrumento, além de indicar o efeito de grandezas influentes no processo. Os dados colhidos na prática da calibração são manipulados e registrados em um documento denominado certificado ou relatório de calibração.

Todas as empresas devem ter em sua política de atividades normais a calibração de equipamentos de medição, pois são grandes agregadores de qualidade ao processo produtivo. Assim, algumas vantagens adquiridas a partir desta prática, são:

- “Redução na variação das especificações técnicas dos produtos – Produtos mais uniformes representam uma vantagem competitiva em relação aos concorrentes.
- Prevenção dos defeitos – A redução de perdas pela pronta detecção de desvios no processo produtivo evita o desperdício e a produção de rejeitos.
- Compatibilidade das medições – Quando as calibrações são referenciadas aos padrões nacionais ou internacionais, asseguram atendimento aos requisitos de desempenho.” (Idem, p.166)

As operações de calibração, relacionadas à comparação com um padrão, apresentam algumas características importantes e outras mais específicas aos medidores de vazão. Primeiramente, considera-se o tipo de calibração. Existem dois: calibração direta e calibração indireta. Demonstradas nas Figura 12 e Figura 13.

- Calibração direta: “a grandeza padrão de entrada é aplicada diretamente ao sistema de medição a calibrar, e as medidas são comparadas com os valores padrão”; (Ibidem, p.167)

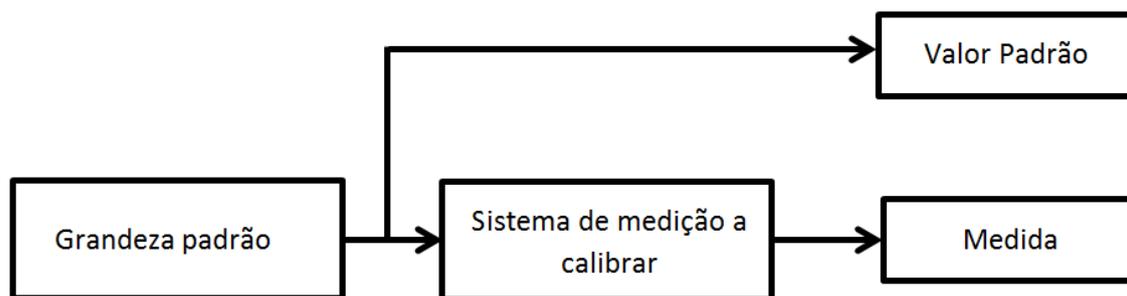


Figura 12 - Calibração Direta

Fonte: SILVA NETO, p.167

- Calibração indireta: um meio externo fornece simultaneamente ao sistema em calibração e ao sistema de medição padrão, a grandeza a ser medida. Os resultados do sistema de medição padrão são considerados verdadeiros e são comparados aos do sistema de medição em calibração. Logo, apontam-se os erros e as ações corretivas a serem tomadas.

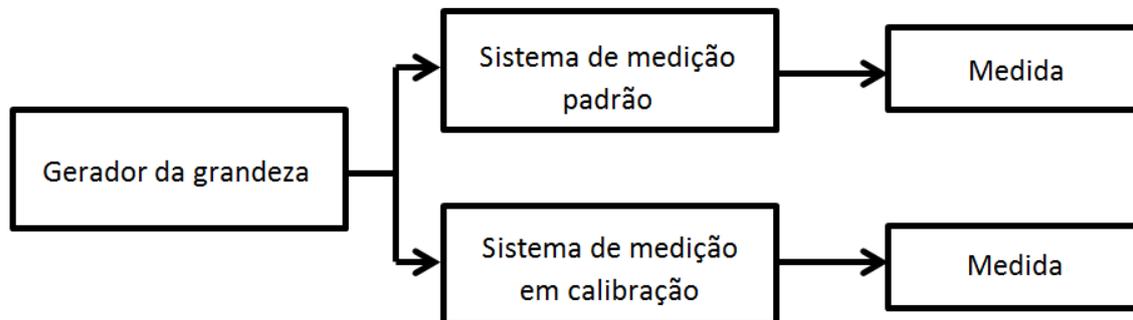


Figura 13 - Calibração Indireta

Fonte: Idem, p.168

Ainda não existe um padrão primário fundamental para vazão, assim, diversos procedimentos de calibração são praticados de acordo com normas de ensaio. A prática geral executada para calibração de medidores de vazão consiste no escoamento constante em um circuito de calibração e, em seguida, em um intervalo de tempo exato, determinar o volume ou massa do fluido que passa através do instrumento. Os sistemas com circuito de calibração de vazão são chamados provadores (*provers*). Algumas técnicas são apresentadas a seguir, inclusive, a utilizada neste trabalho.

“Em líquidos, variações da técnica “recolher-e-pesar” são muito empregadas em provadores de vazão. Uma dessas variações consiste em um circuito de calibração com um tanque de coleta conforme representado na Figura 14. O tanque A é um grande tanque de nível constante com uma alimentação e um dreno, o que permite o estabelecimento de um escoamento em regime permanente na sua tubulação de saída. O tanque B é um tanque de recolher-e-pesar para dentro do qual o escoamento de fluido pode ser desviado por um período de tempo cronometrado. O volume de líquido é medido diretamente usando um medidor de deslocamento positivo ou indiretamente por meio de seu peso, e a vazão é deduzida pelo tempo. A destreza para determinar o volume e a incerteza nos tempos inicial e final do evento são limitações fundamentais para a exatidão dessa técnica.” (adaptado de FIGLIOLA, p.362)

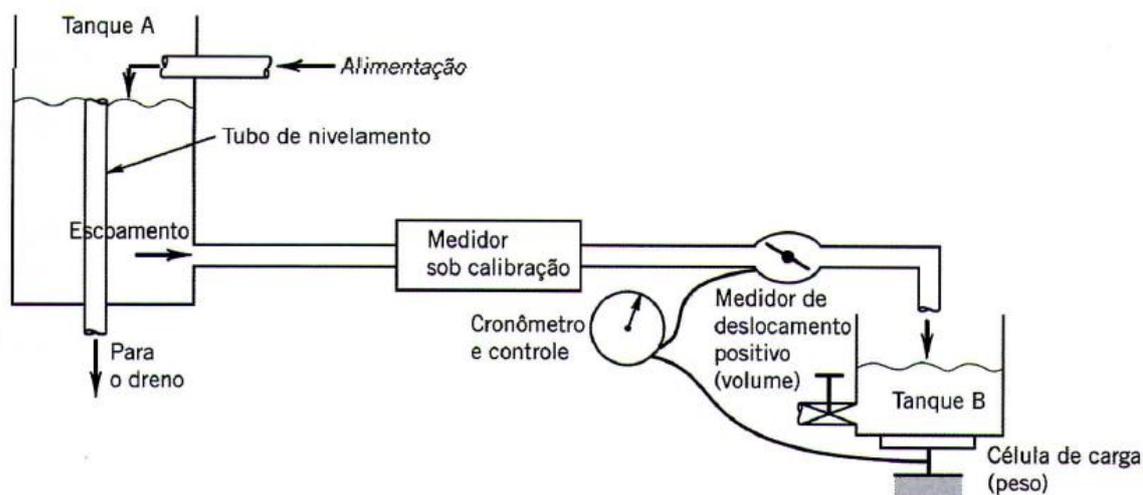


Figura 14 - Diagrama de fluxo de um provador de medidor para líquidos

Fonte: FIGLIOLA, p.362

“A calibração do medidor de vazão pela determinação do perfil de velocidade no tubo é particularmente eficaz para calibração no campo para líquidos e gases, desde que a velocidade do gás não exceda a velocidade sônica em mais de ~ 70%. São preferidas velocidade medidas em um trecho de tubo retilíneo através de qualquer seção transversal reta localizada de 20 a 40 diâmetros de tubo a jusante de qualquer acessório de tubulação.” (Idem, p.363)

Neste trabalho a calibração é feita de forma indireta, ou seja, a comparação da calibração é feita com um padrão local de vazão. O padrão e os medidores de vazão são

instalados em série. Os padrões locais mais utilizados são os medidores de turbina e vórtex e os de vazão mássica de Coriolis por possuírem curvas de calibração consistentes e de alta exatidão. Obviamente, os padrões devem ser recalibrados periodicamente. Nos Estados Unidos, o NIST conta com instalações para essa finalidade, enquanto que no Brasil, a Metroval, por exemplo, mantém o mais moderno laboratório de vazão da América Latina, mostrado na Figura 15. São oito bancadas de calibração, “sendo três volumétricas operando com dois óleos minerais de viscosidades diferentes, duas volumétricas com água e três gravimétricas” (Site Metroval, acesso em 19/11/2013), devendo o cliente enviar seus medidores até a sede.



Figura 15 - Laboratório de calibração Metroval

Fonte: Site Metroval, acesso em 19/11/2013

3. PROGRAMAÇÃO DO PLC

Para a simulação da planta de calibração, faz-se necessária a programação de toda a sequência de passos para a execução do processo seguindo o descritivo presente no Capítulo 1. Para isso, lança-se mão do software para programação de PLCs da Rockwell/Allen Bradley, RSLogix 500. Este software é voltado para a família de controladores programáveis da família 500, como os processadores SLC 500 (Figura 16) e MicroLogix.



Figura 16 - SLC 500

Fonte: Site PECO FGC

Os primeiros CLPs possuíam um conjunto de instruções reduzido, geralmente apenas condições lógicas e não possuíam entradas analógicas, manipulando apenas aplicações de controle discreto (digital). De acordo com o IEC (International Electrotechnical Commission), um Controlador Lógico Programável é definido como:

“Sistema eletrônico operando digitalmente, projetado para uso em um ambiente industrial, que usa uma memória programável para a armazenagem interna de instruções orientadas para o usuário para implementar funções específicas, tais como lógica, sequencial, temporização, contagem e aritmética, para controlar, através de entradas e saídas digitais ou analógicas, vários tipos de máquinas ou processos. O controlador programável e seus periféricos associados são projetados para serem facilmente integráveis em um sistema de controle industrial e facilmente usados em todas suas funções previstas.” (FRANCHI, CAMARGO, p. 23)

Todo processo industrial necessita de algum tipo de controlador que garanta a segurança de suas operações e sua viabilidade econômica. Desde o simples controle de

temperatura de um aparelho de ar condicionado, acionamento de um motor elétrico até o de uma planta de energia nuclear. Esse funcionamento é ilustrado na Figura 17. Apesar das diversas aplicações, os sistemas de controle dividem-se em três partes básicas bem definidas:

- Transdutores: são dispositivos que convertem condições físicas captadas pelos sensores em sinais elétricos enviados ao CLP por entradas analógicas ou digitais;
- Atuadores: conectados às saídas do CLP, convertem sinais elétricos em condições físicas, atuando sobre algum elemento do processo;
- Controladores: “de acordo com os estados das suas entradas, o controlador utiliza um programa de controle para calcular os estados das suas saídas. Os sinais elétricos das saídas são convertidos no processo através dos atuadores. Muitos atuadores geram movimentos, tais como válvulas, motores, bombas; outros utilizam energia elétrica ou pneumática. O operador pode interagir com o controlador por meio dos parâmetros de controle. Alguns controladores podem mostrar o estado do processo em uma tela ou em um *display*.” (idem, p. 25).

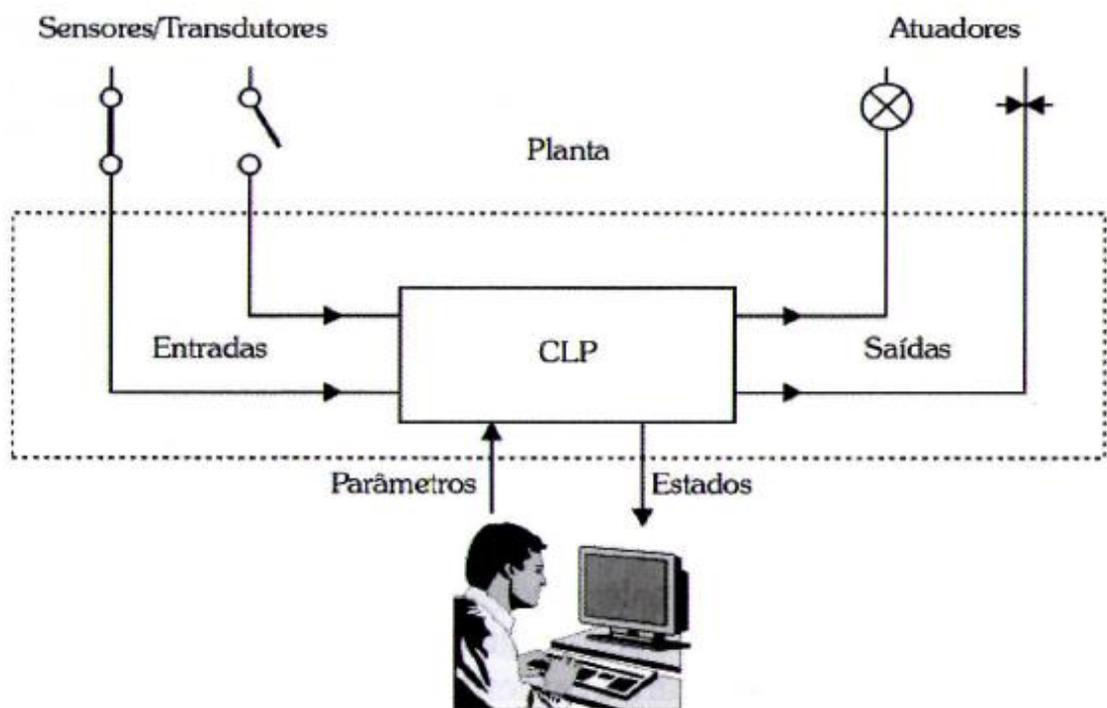


Figura 17 - Representação dos sistemas de controle

O processo é monitorado em tempo real pelo controlador. Via rede local, este é conectado a um sistema supervisório que gerencia todas as informações obtidas em campo, tais como alarmes, status de entradas e saídas. A maioria das plantas industriais está inserida em um sistema que permite ao operador selecionar diversos programas, avaliar a situação do processo e tomar decisões através de monitores coloridos de alta resolução, o Sistema SCADA (do inglês *Supervisory Control And Data Acquisition*). Suas etapas são demonstradas na Figura 18.

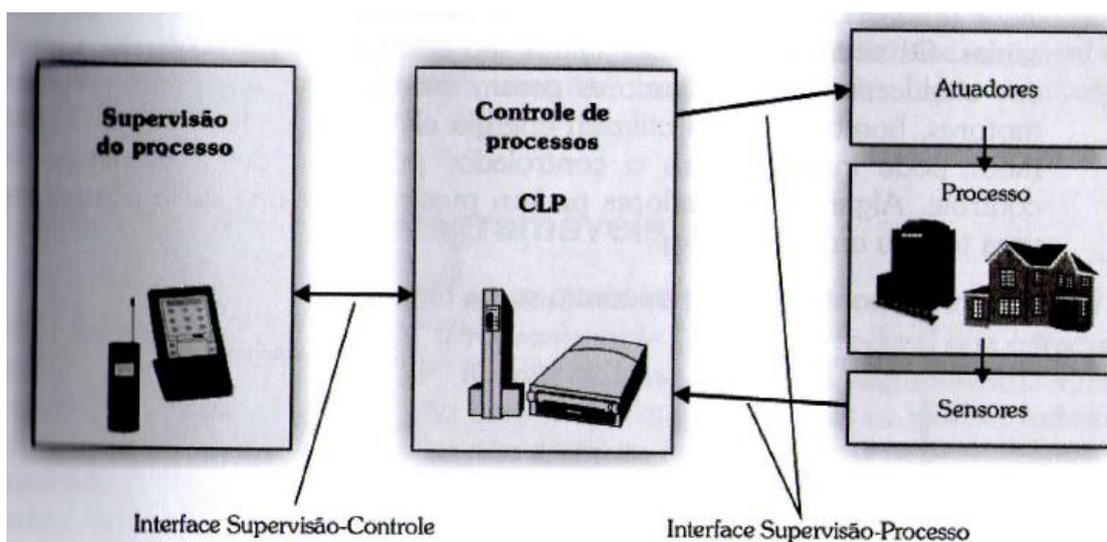


Figura 18 - - Etapas de supervisão e controle utilizando CLPs

Fonte : idem, p. 26

3.1 ARQUITETURA E MODOS DE OPERAÇÃO DE UM CLP

Segundo Franchi e Camargo (2009, p.29)

“Os primeiros controladores lógico programáveis tinham como função primordial somente substituir os relés utilizados na indústria. A sua função era somente realizar operações que eram anteriormente implementadas com relés, como, por exemplo, controle liga/desliga de máquinas e processos que necessitavam de operações repetitivas. Em um curto tempo esses controladores tiveram muitas melhorias em relação aos relés, como o uso de menor espaço e energia, indicadores de diagnóstico e ao contrário dos relés, a sua lógica e operação poderia ser mudada sem a necessidade de alteração das conexões físicas dos elementos.”

Um CLP pode ser dividido em duas partes, sendo uma unidade central de processamento (CPU – do inglês Central Processing Unit) e um sistema de interface de entrada/saída como mostrado na Figura 19.

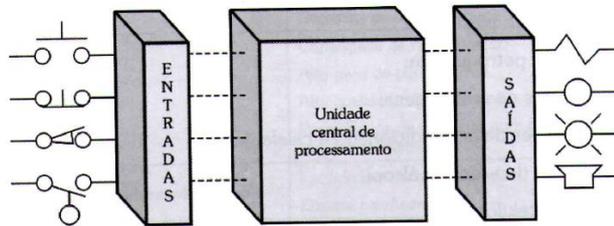


Figura 19- Diagrama de blocos de um controlador lógico programável

Fonte: FRANCHI e Camargo, p. 29

Por sua vez, a CPU, que comanda o funcionamento do CLP, é formada por três elementos que formam sua “inteligência” (Figura 20):

- Processador;
- Sistema de Memória;
- Fonte de Alimentação.

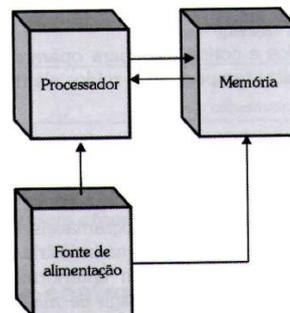


Figura 20 - Diagrama de blocos dos principais componentes da CPU

Fonte: FRANCHI e Camargo, p. 29

O diagrama de blocos abaixo sucinta a arquitetura de um controlador lógico programável. (Figura 21)

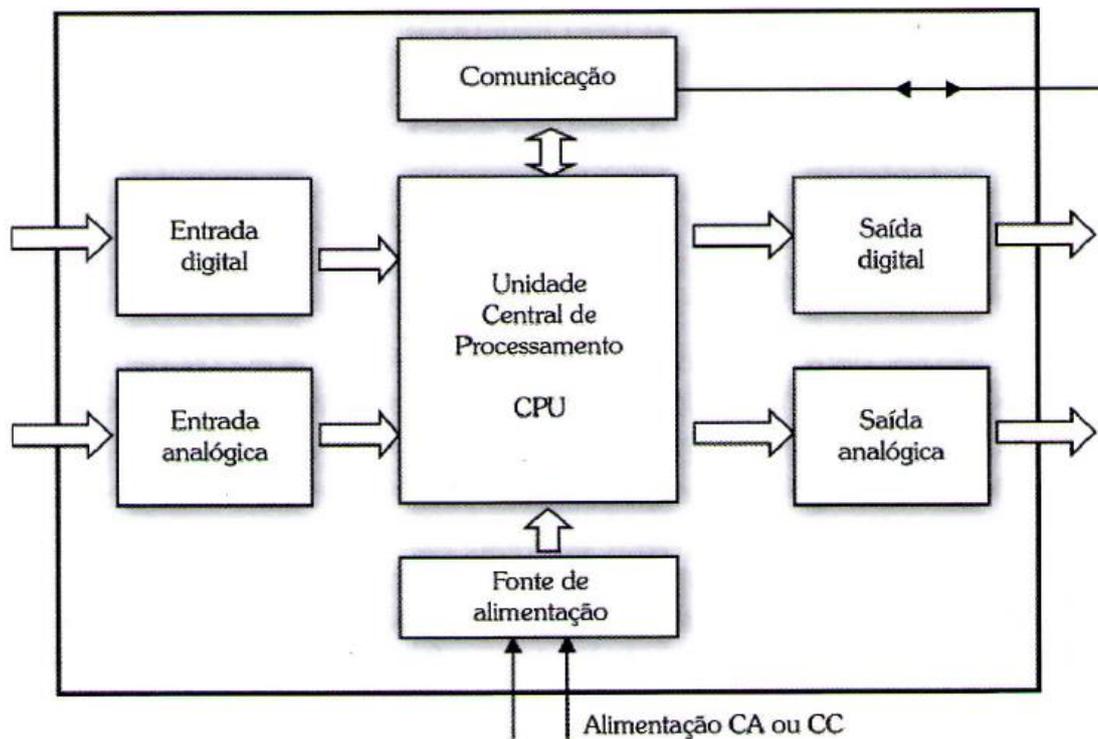


Figura 21 - Diagrama de blocos do CLP

Fonte: FRANCHI e Camargo, p. 30

3.1.1 CPU – UNIDADE CENTRAL DE PROCESSAMENTO

A CPU interage intermitentemente com o Sistema de Memória através do software de execução e interpreta e executa o programa de aplicação desenvolvido pelo usuário de acordo com o processo. A Figura 22, ilustra a sua estrutura.

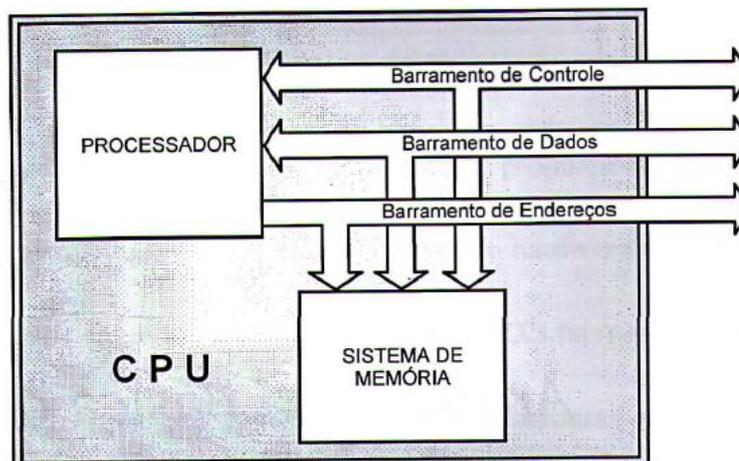


Figura 22 - Estrutura Básica da CPU

Fonte: GEORGINI, p. 54

3.1.1.1 PROCESSADOR

“Independente de sua tecnologia, o Processador é responsável pelo gerenciamento total do sistema, controlando os barramentos de endereços, de dados e de controle. Conforme determinado pelo Programa de Execução, interpreta e executa as instruções do Programa de Aplicação, controla a comunicação com dispositivos externos e verifica a integridade de todo o sistema (diagnósticos). Pode operar com registros e palavras de instrução ou de dados, ou de diferentes tamanhos (8, 16 ou 32 bits), determinado pelo tamanho de seu acumulador e pela lista de instruções disponíveis em cada CPU.” (GEORGINI, p.54)

Atualmente os processadores contam com alta capacidade computacional e de memória além de possuírem processamento paralelo, ou seja, dois ou mais processadores trabalham em sistema de redundância para garantir a segurança do processo e a comparação de resultados.

3.1.1.2 SISTEMA DE MEMÓRIA

Conforme apresentado na Figura 23, o Sistema de Memória da CPU é formado pela Memória de Aplicação e pela Memória do Sistema de Operação. A primeira, divide-se em Programa de Aplicação e Tabela de Dados, e a segunda, em Programa de Execução e Rascunho do Sistema.

No Programa de Aplicação é armazenada a programação desenvolvida pelo usuário para o controle de certo processo. Os dados, tais como valores atuais e de *preset* de temporizadores e contadores, deste processo são gravados na tabela de dados. Cada ponto de entrada e saída tem um endereço específico nessa tabela e seus status são atualizados constantemente, refletindo as mudanças da planta.

O programa de execução é desenvolvido pelo fabricante do PLC e determina o modo de operação do sistema, atualização dos módulos de entrada e saída e traduz para a linguagem de máquina o Programa de Aplicação. Semelhante a Tabela de Dados, o Rascunho do Sistema abriga temporariamente dados do sistema para cálculos e controle das variáveis.

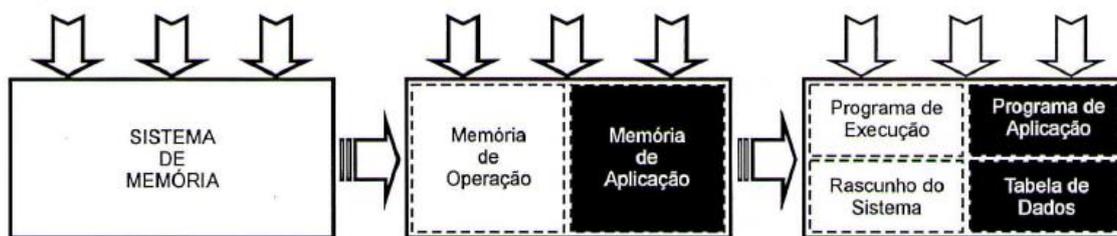


Figura 23 - Estrutura básica do sistema de memória

Fonte: GEORGINI, p. 55

3.1.1.3 MÓDULOS DE ENTRADA E SAÍDA

Responsáveis pela comunicação entre a CPU e o meio externo, os módulos de entrada e saída também garantem a isolamento e a proteção à CPU. Os módulos de entrada recebem os sinais dos dispositivos de campo e os convertem em níveis/sinais elétricos adequados ao processador. Já os módulos de saída, enviam os sinais resultantes da lógica de controle a motores e a sinalizadores, por exemplo. Esses sinais, independentemente da lógica, também podem ser forçados.

3.1.1.4 FONTE DE ALIMENTAÇÃO

“A Fonte de Alimentação desempenha importante papel na operação do sistema de um PLC. Além de fornecer todos os níveis de tensão para alimentação da CPU e dos módulos de I/O, funciona como um dispositivo de proteção. Garante a segurança e a integridade da tensão de alimentação para todo o sistema, por meio do monitoramento constante dos níveis de tensão e de corrente fornecidos. Se esses níveis excederem os valores máximo ou mínimo permitidos, além do tempo especificado pelo fabricante, a fonte interage diretamente com o processador, gerando uma interrupção (por meio de uma sequência de comandos) e fazendo com que a CPU pare a execução do Programa de Aplicação.” (GEORGINI, p. 69)

A Figura 24 demonstra um modelo de fonte de alimentação externa.

“Em alguns casos, os Módulos de I/O necessitam, além das tensões fornecidas pela Fonte do PLC, de alimentação externa. A Fonte do PLC é responsável pela alimentação do circuito lógico dos Módulos de I/O, sendo que a fonte externa alimenta os circuitos de potência, ou circuitos externos – entrada ou saída (Módulos Discretos e Analógicos) ou

ainda fornece um nível de tensão com maior capacidade de corrente para os Módulos Especiais.” (idem, p. 69)



Figura 24 - Fonte externa

Fonte: Autoria própria

3.1.2 MODO DE PROGRAMAÇÃO E OPERAÇÃO

No modo de programação, o CLP não executa função ou programa algum, apenas aguarda ser configurado ou receber novas linhas de instrução em um programa existente ou novos programas. Esse tipo de programação é feita *offline*, ou seja, com o CLP fora de operação.

A operação de transferência de programas do computador para o PLC é conhecida como *download* e o processo inverso, a captação de um programa para o PC é chamada de *upload*.

Já no modo de execução, o CLP executa todas as instruções programadas pelo usuário. Alguns CLPs podem sofrer alterações em sua programação durante a execução, conhecida como programação *online*.

“O funcionamento do CLP é baseado num sistema microprocessado em que há uma estrutura de software que realiza continuamente ciclos de leitura, chamados de *scan*. O *scan* é constituído de três processos:

1. Efetua a leitura dos dados através dos dispositivos via interface de entrada.
2. Executa o programa de controle armazenado na memória.
3. Escreve ou atualiza os dispositivos de saída via interface de saída.”

(FRANCHI e CAMARGO, p. 39)

A Figura 25 ilustra essas etapas.

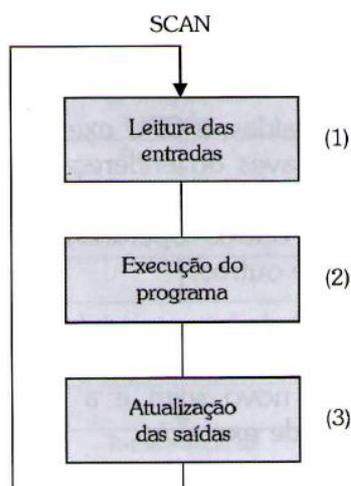


Figura 25 - Ilustração do scan do CLP

Fonte: FRANCHI e CAMARGO, p. 39

3.2 PROGRAMAÇÃO DO PLC – LINGUAGEM LADDER

Linguagem de programação é um conjunto padronizado e definido de instruções que o sistema computacional pode reconhecer. Ao fornecer-se uma série de instruções a um sistema, ele passa a tomar decisões de controle em relação ao seu *status* atual e às entradas e saídas envolvidas.

A linguagem *Ladder* (Figura 26), utilizada para a programação do software RSLogix 500, foi a primeira a surgir para a programação de PLCs. Baseada na lógica de relés e contatos elétricos para acionamentos de circuitos de comando, esta é uma linguagem gráfica. “O nome Ladder deve-se à representação da linguagem se parecer com uma escada (*ladder*), na qual duas barras verticais paralelas são interligadas pela lógica de controle (*rung*), formando os degraus da escada.” (GEORGINI, p.84)

“Bobinas e contatos são símbolos utilizados nessa linguagem. Os símbolos de contatos programados em uma linha representam as condições que serão avaliadas de acordo com a lógica. Como resultado determinam o controle de uma saída, que normalmente é representado pelo símbolo de uma bobina.” (FRANCHI e CAMARGO, p.106)

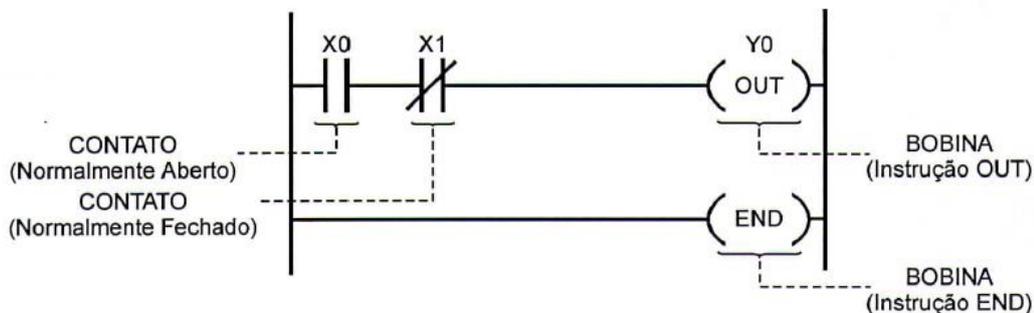


Figura 26 - Exemplo do programação em linguagem Ladder

Fonte: GEORGINI, p. 84

“Além de simples contatos e bobinas, os PLCs dispõem de contatos para detecção de borda de subida/descida (*one shot* – “disparo”), contatos de comparação, temporizadores, contadores, blocos de processamento (operações lógicas e aritméticas, manipulação de dados), controle total do fluxo de execução do programa (*loops For/Next, Goto, Stop*, sub-rotinas), interrupções (por hardware e por software) e blocos para manipulação de mensagens (ASCII, rede).” (Adaptado de GEORGINI, p. 84)

Os símbolos mais utilizados nessa implementação são os que ilustram contatos elétricos Normalmente Abertos (NA) (Figura 27) e Normalmente Fechados (NF) (Figura 28). A norma (IEC)-61131-3 define símbolos padrões para todos os contatos para as linguagens de programação de CLPs, todavia, grandes fabricantes como Siemens, Allen-Bradley e Schneider Electric ainda não aderiram totalmente a norma, portanto, ainda possuem linguagens específicas como as ilustradas na figura abaixo.

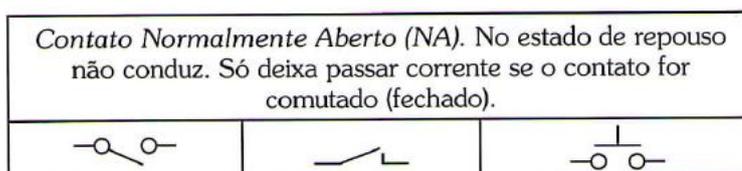


Figura 27 - Algumas representações de contatos elétricos Normalmente Abertos (NA).

Fonte: FRANCHI e CAMARGO, p.111

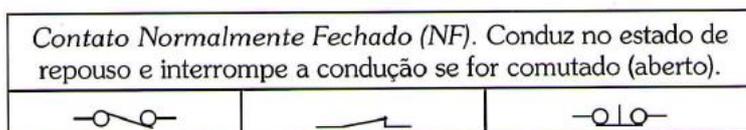


Figura 28 - Algumas representações de contatos elétricos Normalmente Fechados (NF)

Fonte: FRANCHI e CAMARGO, p.111

A implementação para a automação da calibração dos medidores de vazão foi desenvolvida no ambiente do software RSLogix 500 levando-se em consideração todos os princípios de programação da norma IEC 61131-3 e do fabricante Allen-Bradley. No Anexo B deste trabalho encontram-se as linhas de instruções para a simulação da planta estudada.

Tabela 1- Representação de bobinas em Ladder por alguns fabricantes.

Fabricante	Bobina	Bobina negada
IEC 61131-3		
Allen-Bradley		Não disponível
GE Fanuc		
Modicon Quantum		
Siemens S7		Não disponível

Fonte: FRANCHI e CAMARGO, p. 112 e 113

4. INTERFACE HOMEM-MÁQUINA

O sistema supervisório surgiu da necessidade de se capturar, armazenar e mostrar os dados de um processo de produção em tempo real em uma tela de um microcomputador, como mostrado na Figura 29. Essas informações são capturadas por sensores responsáveis por monitorar as variáveis de processo em uma planta. Além dos sensores, os sistemas supervisórios contam com os *status* de botoeiras, bobinas e etc.

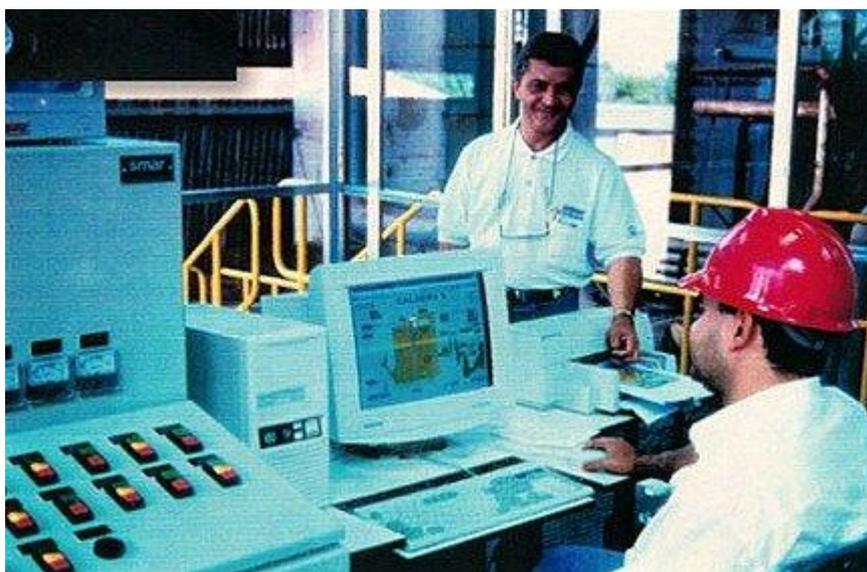


Figura 29 - Operação e sistema supervisório

Fonte: <http://www.automacaoindustrial.info/control-de-processos/o-que-sao-sistemas-supervisorios>, acesso em 10/12/2013

Todas as informações fornecidas são gerenciadas e armazenadas em um banco de dados. O sistema mostra a manipulação destes dados em telas customizadas no computador do operador da planta em questão. Os sistemas supervisórios (Figura 30) são conhecidos como HMI/SCADA (Interface Homem Máquina e Controle Supervisório e Aquisição de Dados, respectivamente).

“Para um processo de produção industrial, pode-se citar as seguintes vantagens quando se utiliza um sistema supervisório:

- Análise de tendências: baseado no histórico das informações do banco de dados é possível tomar ações proativas para maximizar a produção da planta.

- Alarmes: sinaliza em tempo real, alguma falha no processo e registra essa falha no banco de dados para consultas futuras.
- Operação remota no processo: intervenção no processo, a partir da sala de controle.
- Geração de relatórios e gráficos: É possível gerar relatórios e gráficos sobre os alarmes e tendências.
- Aumentar a disponibilidade da planta: A partir das informações geradas em tempo real, permite identificar falhas e conseqüentemente otimizar as tomadas de decisão para manter a planta em operação (rodar o maior tempo possível sem paradas).”
(<http://www.automacaoindustrial.info/control-de-processos/o-que-sao-sistemas-supervisorios>, acesso em 10/12/2013)

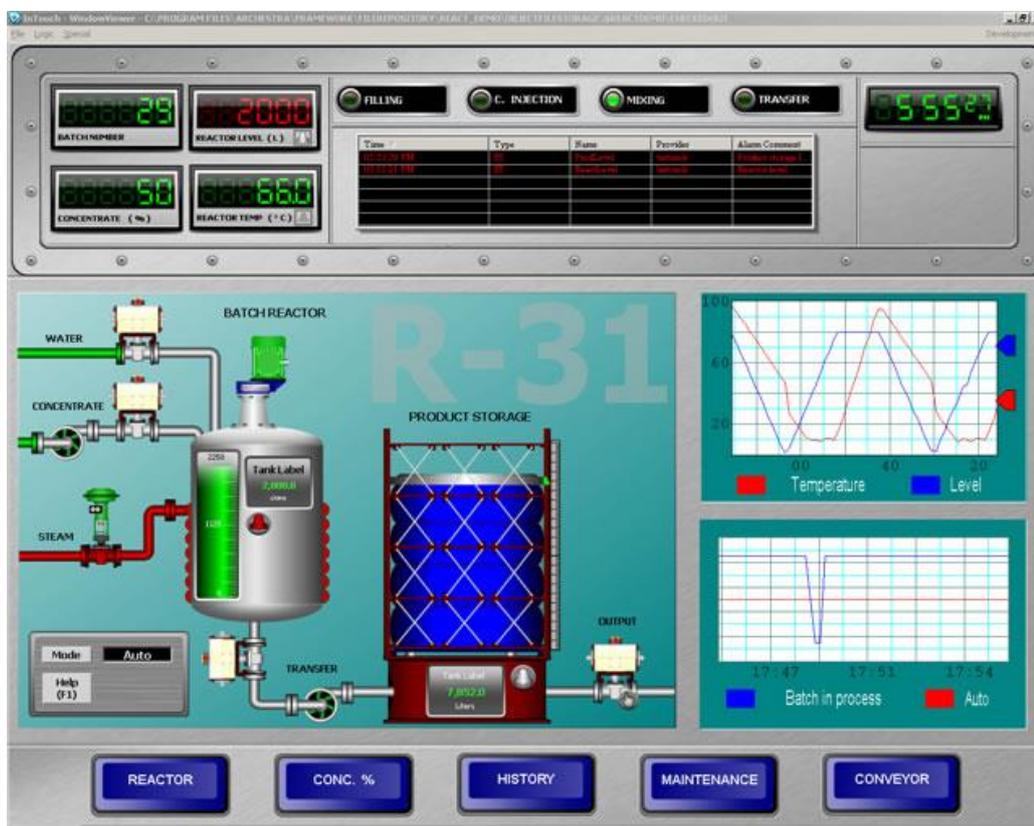


Figura 30 - - Exemplo de uma tela de supervisão

Fonte: <http://trainweb.wonderware.com/getstartit10/intouchpages/cintouchoverview01.htm>, acesso em 10/12/2013

Os sistemas supervisão atuam conjuntamente com a lógica carregada em um Controlador Lógico Programável, as linhas de instruções previamente construídas ditam

uma série de comandos que serão executados quando de uma mudança ou alteração de variáveis na tela de supervisório. O mesmo ocorre quando algum comando é feito no campo, ou seja, as linhas de instruções e supervisório são atualizados para a nova condição, como ilustrado na Figura 31. Por exemplo, quando o comando liga local de uma bomba da planta de calibração for acionado, tal fato será indicado ao operador no painel de controle.

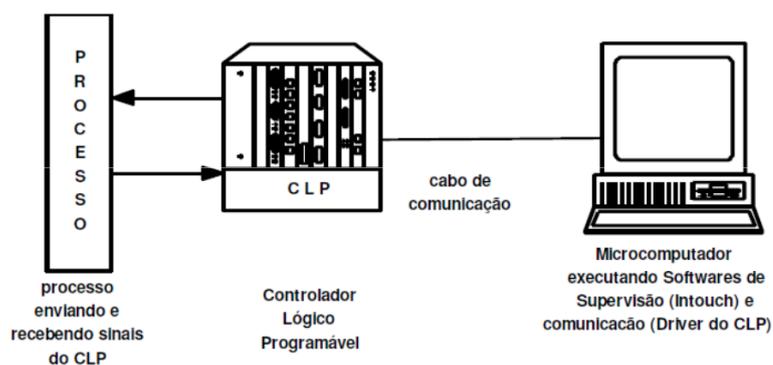


Figura 31 - Interação entre processo, CLP e supervisório

Fonte: CASILLO, p.11

Existem quatro objetos principais que constituem o software de supervisão, as *tags*, as telas, o histórico e os *drivers*. As *tags* referenciam a variáveis internas e variáveis do processo, criam ligações entre os símbolos de cada equipamento da planta e seus endereços no CPL.

As telas apresentam gráficos, dados e interface com o operador. Reúnem uma infinidade de informações sobre o processo, incluindo alarmes. Os alarmes são pré-programados para acusar condições importantes para a qualidade e segurança dos equipamentos e produtos.

Como sugere o nome, o objeto Histórico arquiva os dados históricos das variáveis, todos os status e alterações sofridas por elas acompanhados das respectivas datas e horários. São importantes para a avaliação de desempenho de processo, bem como gerenciamento de informações.

O último objeto, *Drivers*, é um software responsável pela comunicação, o interfaceamento entre os dispositivos e equipamentos de chão de fábrica e o sistema supervisório. Assim, é possível enviar comandos a motores, abrir e fechar válvulas, etc. A dificuldade de comunicação reside em se compatibilizar os protocolos na camada de aplicação. Os protocolos mais famosos para esse propósito são o OPC e o DDE.

O protocolo OPC é hoje o padrão da indústria, tendo sido desenvolvido pela *Microsoft* e especificado pela *OPC Foundation*. Esse padrão é uma maneira eficiente de se estabelecer interfaces para aplicações para (tem outra forma de dizer) substituir as chamadas de procedimento e encapsulamento de uma aplicação.

“O protocolo DDE é um protocolo relativamente simples comparado com o OPC, porém possui as vantagens de ser rápido e necessitar de pouco recurso do processador. É nativo da plataforma Windows e permite intercâmbio dinâmico de dados levando-se em conta a configuração de três parâmetros:

- Tópico: nome do tópico de acesso;
- Item: endereço da variável;
- Aplicação: nome do programa servidor.” (Adaptado de CASILLO, p. 18)

4.1 MODOS DE OPERAÇÃO

O primeiro passo para a operação de um sistema supervisório reside no desenvolvimento das telas que representam as sequências de processos de uma planta automatizada. Faz-se uso de bibliotecas de representações gráficas de equipamentos e instrumentos envolvidos em processos industriais, além disso, constroem-se botões, chaves e displays. (Figura 32)

Em seguida, associam-se as variáveis do processo a cada elemento gráfico representativo através das *tags*, configuram-se os históricos e com o auxílio de um protocolo de comunicação, surgem as animações.

No modo Run, a aplicação desenvolvida pelo programador é executada. Nessa etapa, o operador passa a interagir com as telas criadas e remotamente com o processo propriamente dito através de cliques sobre botões, chaves ou enviando dados numéricos e recebendo sinalizações conforme a ocorrência de alarmes.

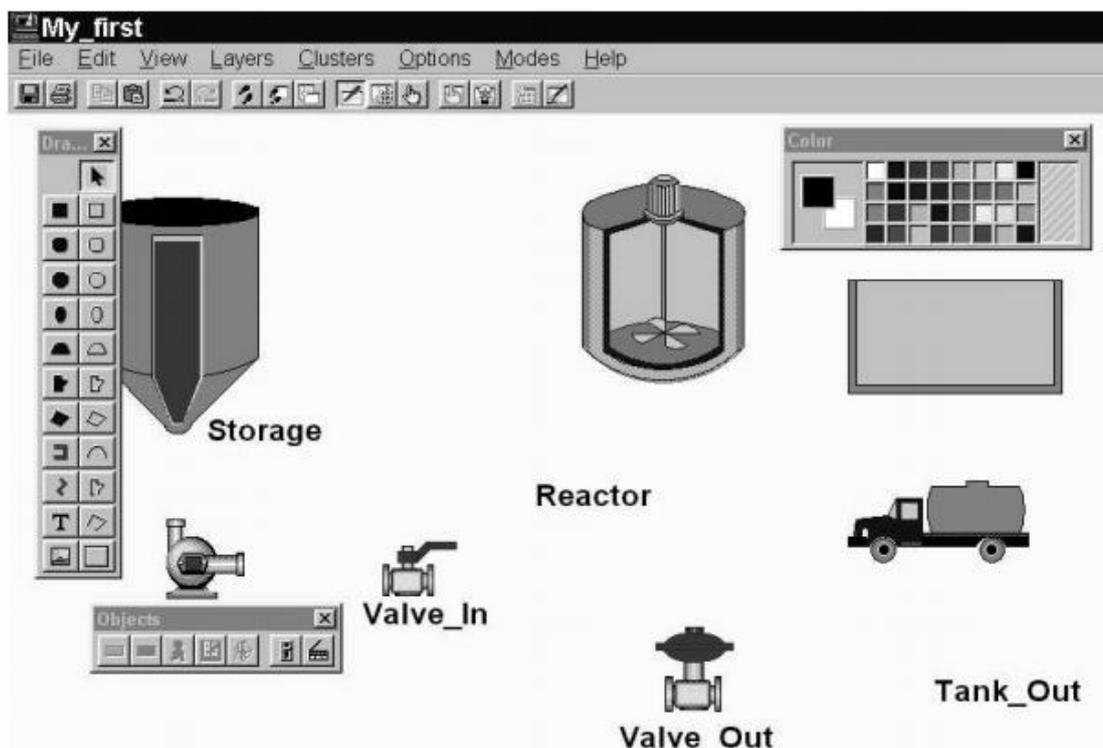


Figura 32 - - Módulo de Desenvolvimento

Fonte: Maitelli, A. L.; Supervisão e Controle Operacional de Sistemas; DCA-UFRN

4.2 INTOUCH WONDERWARE

O software Intouch Wonderware é pioneiro na área de Automação Industrial. É uma interface homem máquina simples de ser configurada e gerenciadora de aplicativos, onde é possível criá-los ou selecionar diretórios de aplicações existentes.

“Através deste podemos carregar para a memória o Windows Maker ou o Windows Viewer. O Windows Maker destina-se a criação de janelas e edição das animações, já o Windows Viewer é o software que executa a janela que foi “produzida” no Windows Maker.” (CASILLO, p. 31)

Esse é o software utilizado para criar a aplicação para a planta de calibração. Todos os equipamentos presentes no P&ID da planta são representados graficamente na aplicação de supervisor, além de receberem suas tags para a comunicação com o chão de fábrica. (Anexo C).

5. CONCLUSÃO

A automação para processos demorados e que requerem presença permanente de profissionais na área durante sua realização pode se provar simples e prática no sentido de reduzir gastos de tempo, custos de produção e emprego de mão de obra.

Esse trabalho indica a viabilidade da automatização da calibração de medidores de vazão em várias linhas considerando-se os pré-requisitos deste sistema específico. Para isso, consideraram-se os princípios de funcionamento de cada equipamento constante na planta e os intertravamentos necessários para a segurança e confiabilidade do processo.

Verificou-se a simplicidade da programação no software RSLogix 500 da *Rockwell Automation* e a criação de aplicações no Intouch Wonderware. Os softwares trabalham perfeitamente juntos no sistema SCADA e protocolos configurados.

Para trabalhos futuros, sugere-se a utilização de um microcontrolador real para simulação da planta e também sua aplicação em plantas reais para demonstração mais veemente da funcionalidade, aplicação e viabilidade desse tipo de automação para calibração de instrumentos influentes no produto final de um processo como os medidores de vazão.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRRE, L. A. Enciclopédia de Automática: Controle & Automação. Volume I. 1ª Edição. São Paulo: Blucher, 2007. 450 p.

Apostila de Programação de PLC – Disponível em: <http://www.rockwellautomation.com/resources/downloads/rockwellautomation/pdf/events/raotm/sessions/L01-basicplcprogramming_ppt.pdf> Acesso em 21/02/2013.

BEGA, E. A.; DELMÉE, G. J.; COHN, P. E.; BULGARELLI, R.; KOCH, R.; FINKEL, V. S. Instrumentação Industrial. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Interciência: IBP, 2006. 584 p.

CASILLO, D.; <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 10/12/2013.

COELHO, M. S.; Apostila de Instrumentação de Sistemas. 5º Módulo. Revisão 3. 2008. 249 p.

Digitais A Partir Da Captura De Imagens E Interface De Comunicação Gpib (IEEE 488). ENQUALAB. 2006

FIGLIOLA, R.S; BEASLEY, D.E. Teoria e Projeto para Medições Mecânicas. 4ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 466 p.

FOIATTO, N.; ROEHE, J. M. L. Sistema Automatizado De Calibração Para Medidores

FRANCHI, C. M.; CAMARGO, V. L. A. de. Controladores Lógico Programáveis – Sistemas Discretos. 2ª edição. São Paulo: Érica, 2009.

<<http://www.dca.ufrn.br/~acari/Sistemas%20de%20Medida/SLIDES%20INSTRUMENTACAO%20VALVULAS.pdf>> Acesso em 18/11/2013.

<<http://www.mecatronicaatual.com.br/secoes/leitura/738>> Acesso em 19/11/2013

<<http://www.metroval.com.br/servicos.php?id=1>> Acesso em 19/11/2013

<http://www.peco-fgc.com/fgc_retrofit_equipment.html> Acesso em 03/12/2013.

<<http://www.tlv.com/global/BR/steam-theory/types-of-valves.html>> Acesso em 18/11/2013

Medidores de Vazão. Disponível em <http://www3.emersonprocess.com>. Acesso em 21/02/2013.

MORAES, C. C.; CASTRUCCI, P. L. Engenharia de Automação Industrial. 2ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 347 p.

Motores Elétricos. Disponível em <<http://www.weg.net/br>> Acesso em 21/02/2013.

NBR13759: Segurança de máquinas – Equipamentos de parada de emergência – Aspectos funcionais – Princípios para projeto. Rio de Janeiro, Dezembro de 1996.

NETTO, A.; FERNANDEZ, M. F. Y; ARAUJO, R. de; ITO, A. E. Manual de Hidráulica. 8ª Edição. São Paulo: Edgard Blucher, 1998. 670 p.

OLIVEIRA, A.L.L. Instrumentação – Elementos Finais de Controle. SENAI, Vitória, 1999.

PESSA, R. Manual de Treinamento – Instrumentação Básica para Controle de Processo. Versão 2.2. Centro de Treinamento SMAR, 2006.

Programador Lógico Programável RS Logix5000 – Disponível em <<http://www.rockwellautomation.com/rockwellsoftware/design/rslogix5000/overview.page>> Acesso em 21/02/2013.

Sensores de nível – Disponível em <<http://www.ifm.com>> Acesso em 21/02/2013.

SILVA NETO, J. C. da. Metrologia e Controle Dimensional – Conceitos, Normas e Aplicações. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. 239 p.

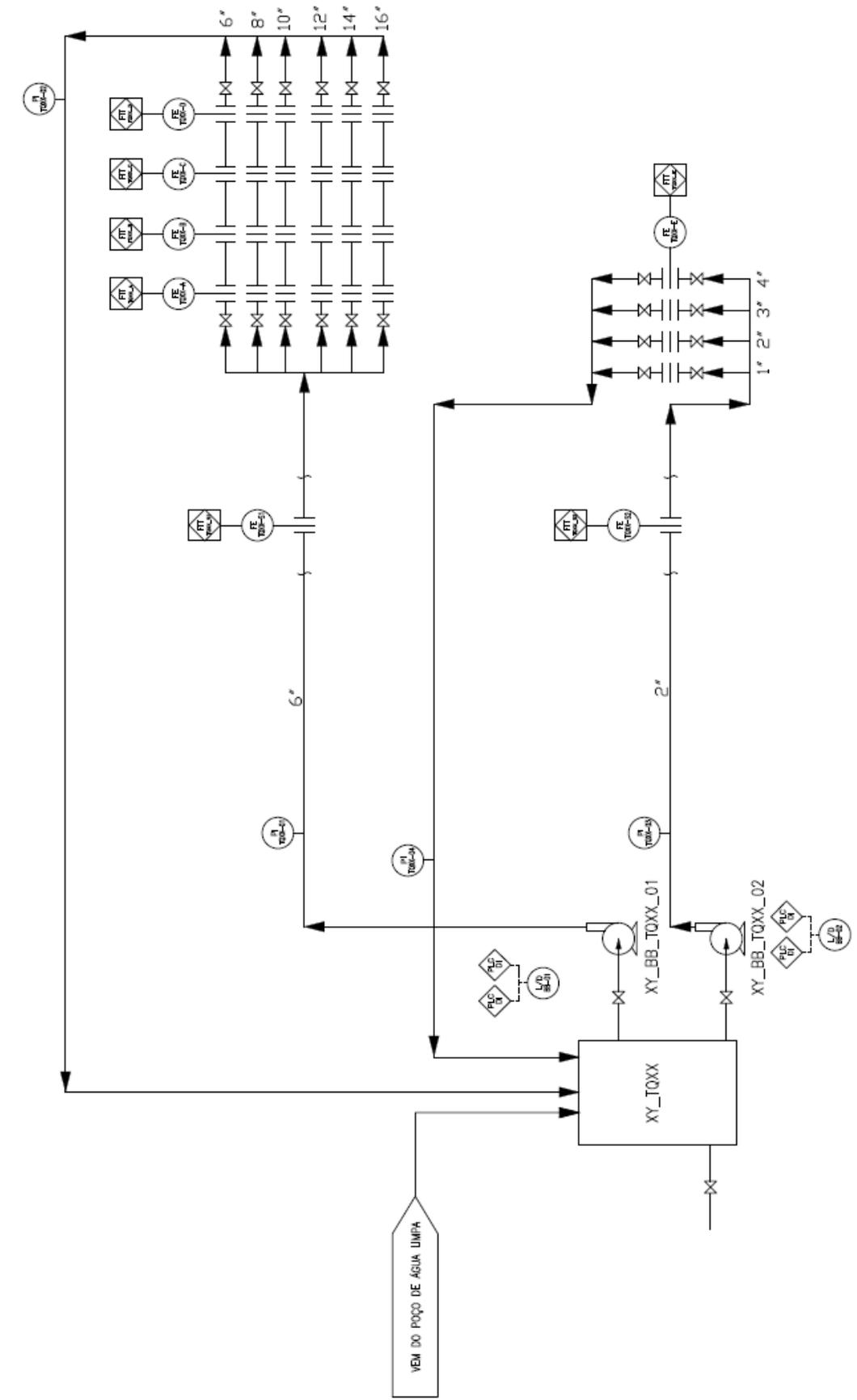
Válvulas de Controle. Disponível em <<http://www.bray.com.br/>> Acesso em 21/02/2013.

<www.ufrj.br/institutos/it/deng/daniel/Downloads/Material/Graduacao/IT%20144/Cap%207%202011%202.pdf> Acesso em 14/11/2013.

7. ANEXOS

ANEXO A – DIAGRAMA DE PROCESSOS E INSTRUMENTOS	55
ANEXO B – PROGRAMAÇÃO DO PLC	56
ANEXO C – SISTEMA SUPERVISÓRIO	81

ANEXO A – DIAGRAMA DE PROCESSOS E INSTRUMENTOS



ANEXO B – PROGRAMAÇÃO DO PLC

RSLogix 500 - ETE_2_1-1 - [LAD 10]

File Edit View Search Comms Tools Window Help

OFFLINE No Forces Forces Disabled Driver: AB_ETH1 Node: 14d

dieisel

User Timer/Counter Input/Output Compare

 LEITURA DOS MÓDULOS ENTRADAS / SAIDAS ANALÓGICAS

 MÓDULO DE ENTRADAS ANALÓGICAS DO LABORATÓRIO DE VAZÃO E CONVERSÃO PARA UNIDADE DE ENGENHARIA

Transmissor de Vazão
 Padrão S2 do
 Laboratório
 #FIT_S2_LAB

Copy File
 Source #1:12.7
 Dest #N7:70
 Length 16

Unidade de
 Engenharia do
 FIT_S2_LAB
 FIT_S2_LAB_EU

Scale w/Parameters
 Input N7:70
 8000<
 Input Min. 0.0
 0.0<
 Input Max. 16383.0
 16383.0<
 Scaled Min. F26:23
 0.0<
 Scaled Max. F27:23
 100.0<
 F8:23
 Output 48.8311<

Transmissor de Vazão
 E do Laboratório
 #FIT_E_LAB

PRINCIPAL File 10
 For Help, press F1

10:0017 APP READ

RSLogix 500 - ETE_2_1-1 - [LAD 10] Documento1 - Micros...
 Lógica

PT 20:54

RSLogix 500 - ETE_2_1-1 - [LAD 10]

File Edit View Search Comms Tools Window Help

Offline No Forces Forces Disabled Driver: AB_ETH-1 Node: 14d

Transmissor de Vazão E do Laboratório #FIT_E_LAB COP Copy File Source #I:128 Dest #N7:71 Length 16

Unidade de Engenharia do FIT_E_LAB EU SCP Scale w/Parameters Input N7:71 Input Min. 8200< Input Max. 0.0 Scaled Min. 16383.0 Scaled Max. 16383.0 Output F26:24

Transmissor de Vazão Padrão S1 do Laboratório #FIT_S1_LAB COP Copy File Source #I:129 Dest #N7:72 Length 16

10:0017 APP READ 20:54

RSLogix 500 - ETE_2_1-1 - [LAD 10]

File Edit View Search Comms Tools Window Help

OFFLINE No Forces Forces Disabled Driver: AB_ETH1 Node: 14d

dieisel

User Edit Timer/Counter Input/Output Compare

10:0017 APP READ

PT 20:55

RSLogix 500 - ETE_2_1-1 - [LAD 10]

PRINCIPAL File 10

For Help, press F1

Iniciar

Documentos1 - Micros...

0004

0005

0006

Transmissor de Vazão Padrão S1 do Laboratório
#FIT_S1_LAB

COP
Copy File
Source #N7:12.9
Dest #N7:72
Length 16

Unidade de Engenharia do FIT S1 LAB
#FIT_S1_LAB_EU

SCP
Scale w/Parameters
Input N7:72
Input Min. 0.0
Input Max. 16383.0
Scaled Min. F26:26
Scaled Max. F27:27
Output F8:25

Transmissor de Vazão A do Laboratório
#FIT_A_LAB

COP
Copy File
Source #N12:15
Dest #N7:73
Length 16

RSLogix 500 - ETE_2_1-1 - [LAD 10]

File Edit View Search Comms Tools Window Help

OFFLINE No Forces Forces Disabled Driver: AB_ETH-1 Node: 14d

3 E 3 E <> <> ABL ABS

User Edit Timer/Counter Input/Output Compare

10:0017 APP READ

PT 20:55

Transmissor de Vazão A do Laboratório #FIT_A_LAB

Copy File #12.15 Source #N7:73 Dest #N7:73 Length 16

Unidade de Engenharia do FIT_A_LAB EU

Scale w/Parameters N7:73

Input	4000<
Input Min.	0.0
Input Max.	0.0<
Scaled Min.	16383.0
Scaled Max.	16383.0<
Output	F26:27
	0.0<
	F27:28
	100.0<
	F8:27
	24.41553<

Transmissor de Vazão B do Laboratório #FIT_B_LAB

Copy File #12.11 Source #N7:74 Dest #N7:74 Length 16

PRINCIPAL File 10

For Help, press F1

Iniciar

RSLogix 500 - ETE_2_1-1 - [LAD 10]

Documentos1 - Micros...

RSLogix 500 - ETE_2_1-1 - [LAD 10]

File Edit View Search Comms Tools Window Help

OFFLINE No Forces Forces Disabled Driver: AB_ETH1 Node: 14d

dieisel

User Edit Timer/Counter Input/Output Compare

10:0017 APP READ

PT 20:56

RSLogix 500 - ETE_2_1-1 - [LAD 10] Documento1 - Micros...

Lógica

PRINCIPAL File 10 For Help, press F1

Inicio

0009

0010

0011

Unidade de Engenharia do FIT_B_LAB EU

SCP

Scale w/Parameters

Input N7:74 0<

Input Min. 0.0 0.0<

Input Max. 16383.0 0.0<

Scaled Min. 16383.0< F26:28

Scaled Max. 0.0< F27:29

Output F8:28 0.0<

Transmissor de Vazão C do Laboratório #FIT_C_LAB

COP

Copy File #1:12.12

Source #N7:75

Dest #N7:75

Length 16

Unidade de Engenharia do FIT_C_LAB EU

SCP

Scale w/Parameters

Input #N7:75 0<

Input Min. 0.0 0.0<

RSLogix 500 - ETE_2_1-1 - [LAD 10]

File Edit View Search Comms Tools Window Help

OFFLINE No Forces Forces Disabled Driver: AB_ETH-1

diezel Node: 14d

User Edit Timer/Counter Input/Output Compare

0011

Unidade de Engenharia do FIT_C_LAB_EU

SCP

Scale w/Parameters	#N7:75
Input	0<
Input Min.	0.0
Input Max.	0.0<
Scaled Min.	16383.0
Scaled Max.	16383.0<
Output	F26:29
	0.0<
	F27:50
	0.0<
	F8:29
	0.0<

0012

Transmissor de Vazão D do Laboratório #FIT_D_LAB

COP

Copy File	#I:12.13
Source	#N7:76
Dest	16
Length	

0013

Unidade de Engenharia do FIT_D_LAB_EU

SCP

Scale w/Parameters	#N7:76
Input	0<
Input Min.	0.0
Input Max.	0.0<
Scaled Min.	0.0<
Scaled Max.	0.0<
Output	0.0<

PRINCIPAL File 10

For Help, press F1

10:0017 APP READ

Documento1 - Microsoft Word

Documento1 - Micros...

Documento1 - Micros...

Lógica

Iniciator

PT 20:56

RSLogix 500 - ETE_2_1-1 - [LAD 10]

File Edit View Search Comms Tools Window Help

OFFLINE No Forces Forces Disabled Driver: AB_ETH-1

dieisel Node: 14d

User Bit Timer/Counter Input/Output Compare

10:0017 APP READ Disabled

PT 20:56

0013

Unidade de Engenharia do FIT_D_LAB
FIT_D_LAB_EU

SCP

Scale w/Parameters

Input	#N7:76
Input Min.	0.0
Input Max.	0.0
Scaled Min.	16383.0
Scaled Max.	16383.0
Output	F26:30
	F27:31
	F8:79
	0.0
	0.0

0014

Transmissor de Nível do Tanque do Laboratório
#LIT01_LAB

COP

Copy File	#I2.14
Source	#N7:69
Dest	16
Length	16

0015

Unidade de Engenharia do LIT01_LAB
LIT01_LAB_EU

SCP

Scale w/Parameters	N7:69
Input	14000

PRINCIPAL File 10

For Help, press F1

Logica

RSLogix 500 - ETE_2_1-1 - [LAD 10]

Documentos1 - Micros...

Inicio

RSLogix 500 - ETE_2_1-1 - [LAD 10]

File Edit View Search Comms Tools Window Help

OFFLINE No Forces Forces Disabled Driver: AB_ETH-1 Node: 14d

dieisel

User Bit Timer/Counter Input/Output Compare

Engenharia do LIT01_LAB

LIT01_LAB_EU

SCP

Scale w/Parameters	
Input	N7:69 14000<
Input Min.	0.0 0.0<
Input Max.	16383.0 16383.0<
Scaled Min.	0.0 0.0<
Scaled Max.	100.0 100.0<
Output	F8:93 85.45444<

TOTALIZADORES DE VAZÃO

Temporizador para Totalização da Vazão dos Transmissores de Vazão do Laboratório

TEMP_TOT T4:114 DN

Timer On Delay T4:114

Timer T4:114

Time Base 1.0

Preset 1<

Accoun 0<

TOTALIZADOR DE VAZÃO FIT_S2_LAB E FIT_E_LAB

PRINCIPAL File 10

For Help, press F1

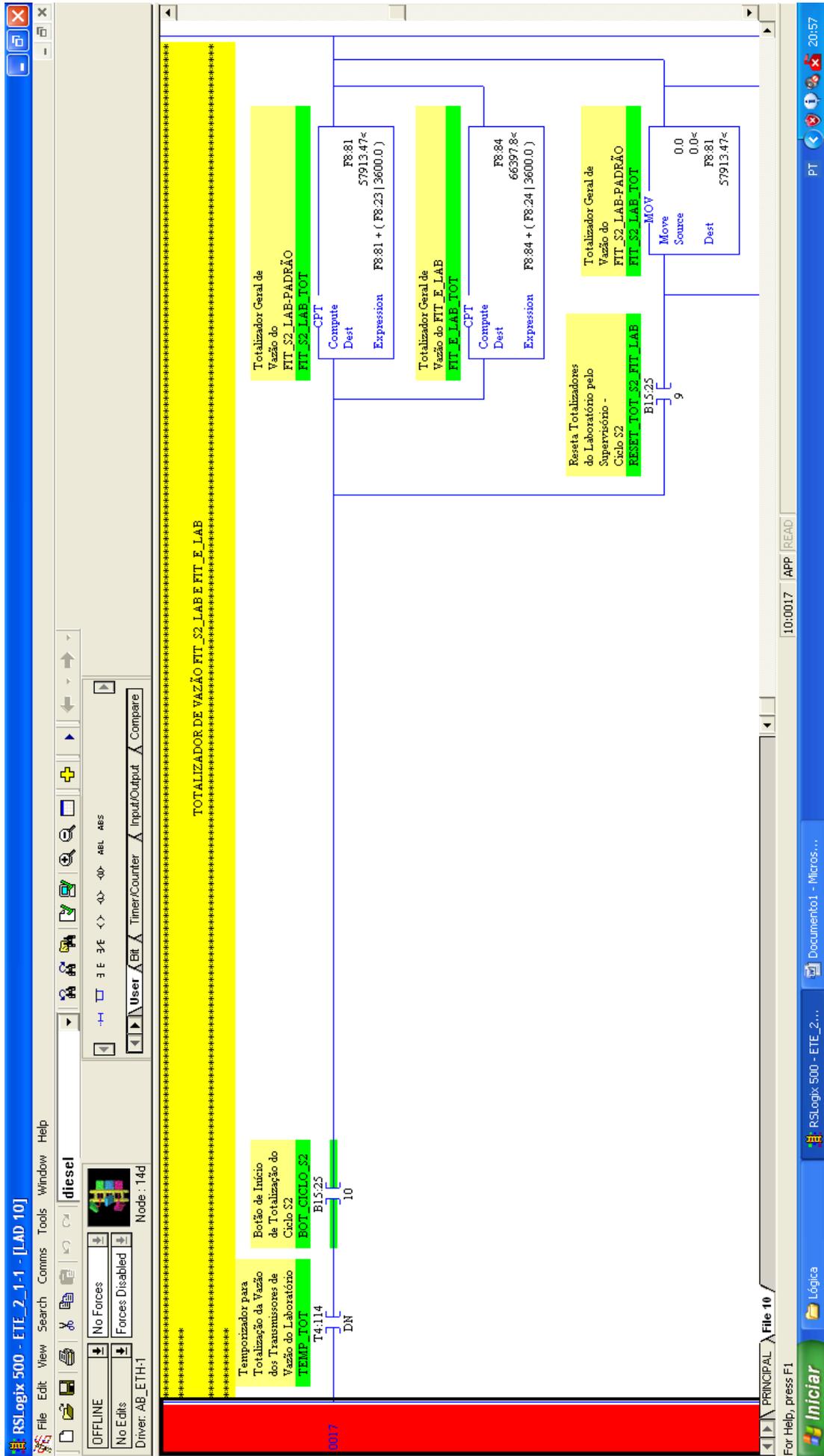
10:0017 APP READ

RSLogix 500 - ETE_2... Documento1 - Micros...

Lógica

Iniciar

PT 20:56



For Help, press F1

10:0017 APP READ

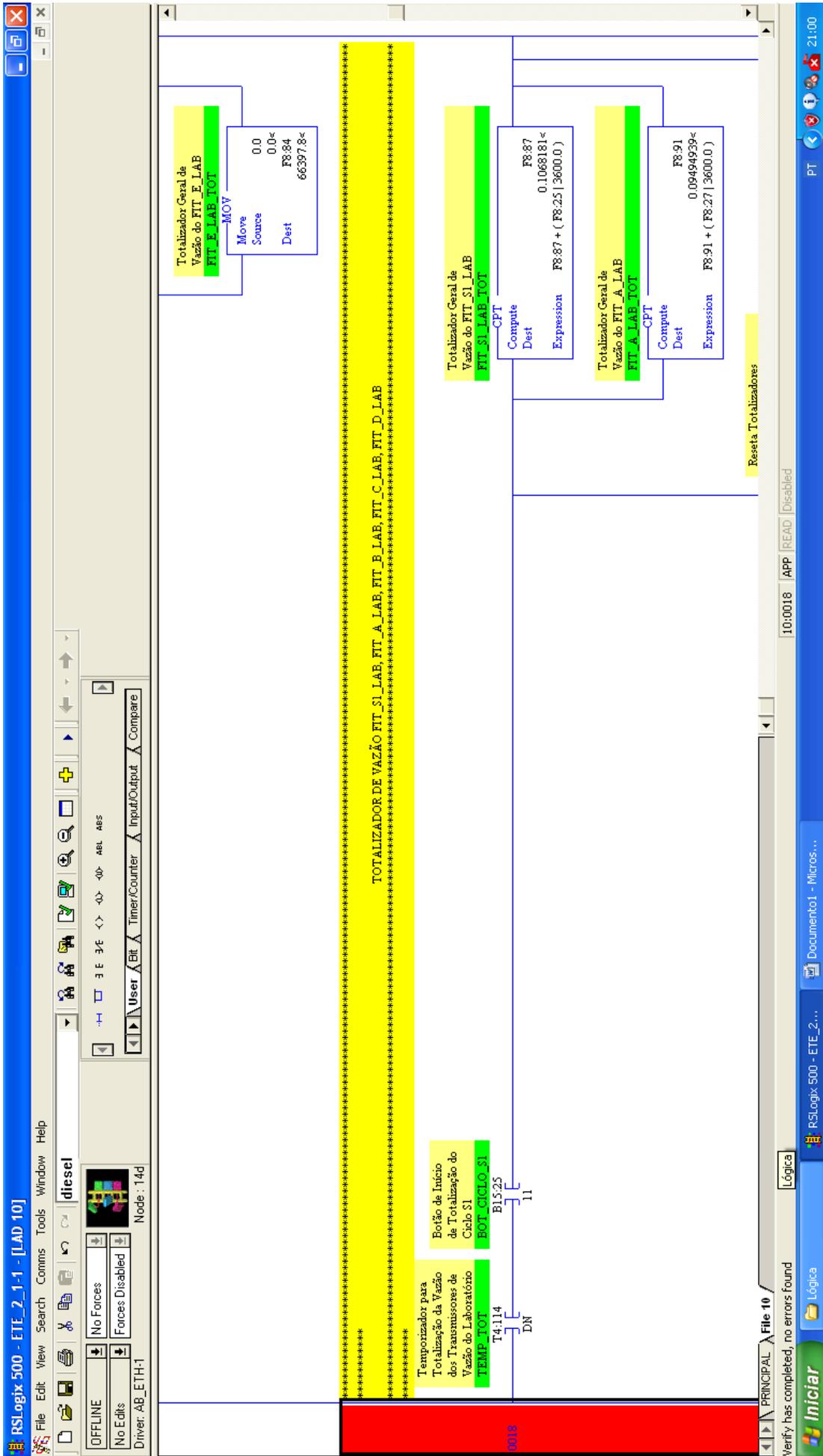
RSLogix 500 - ETE-2...

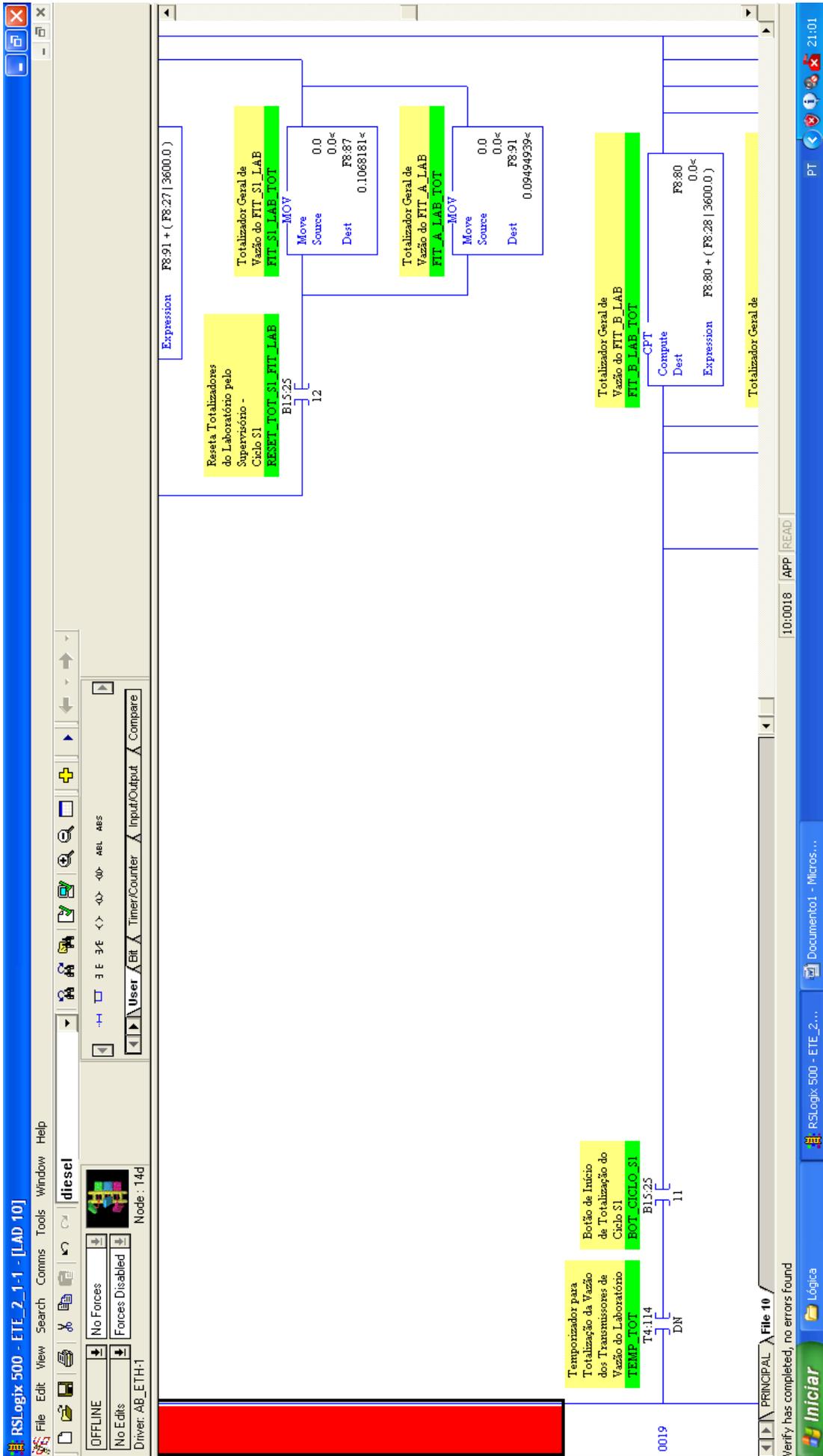
Documento1 - Micros...

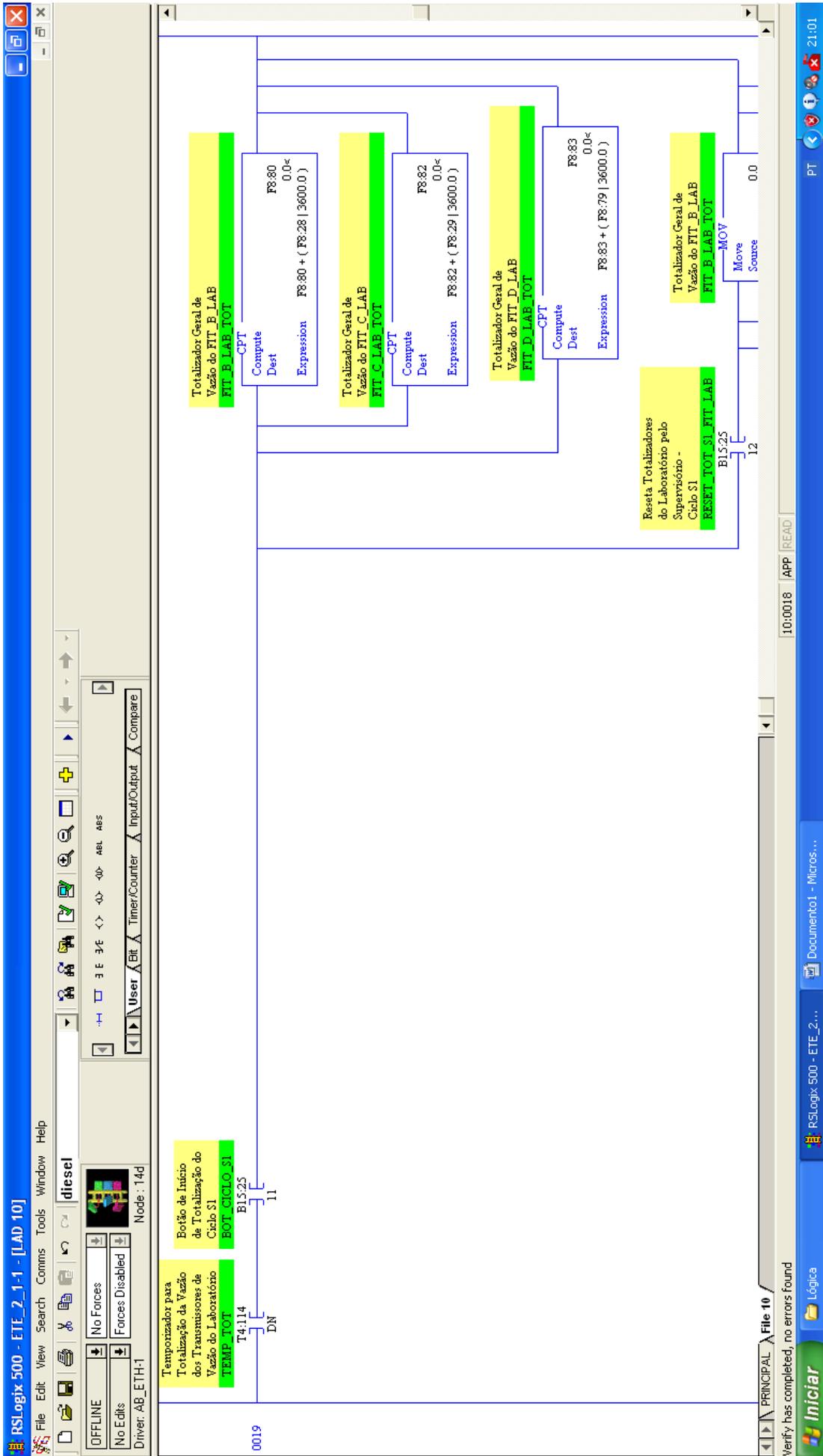
Lógica

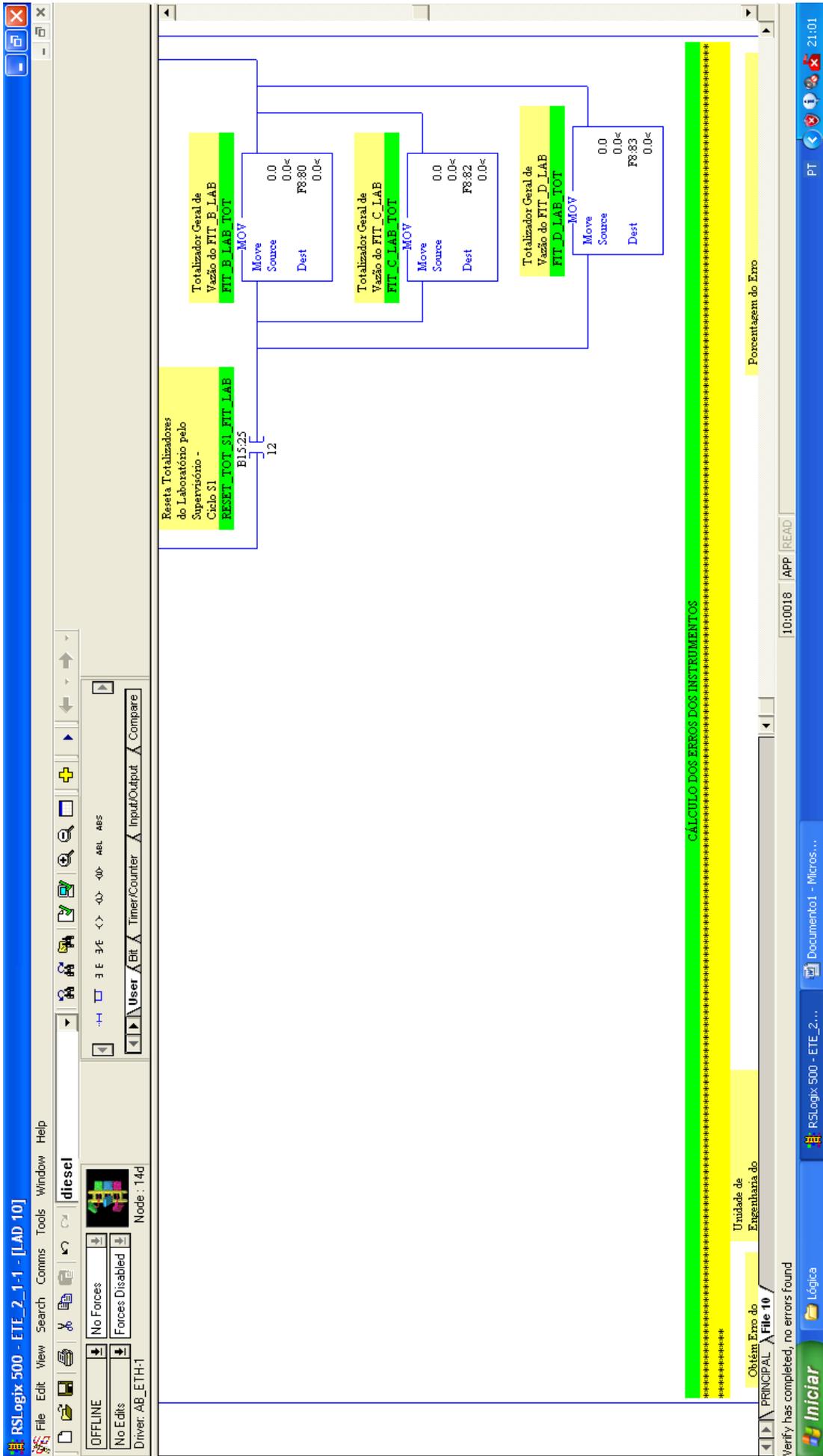
PT

20:57









RSLogix 500 - ETE_2_1-1 - [LAD 10]

File Edit View Search Comms Tools Window Help

OFFLINE No Forces Forces Disabled Driver: AB_ETH-1

dieisel

Node: 14d

 CÁLCULO DOS ERROS DOS INSTRUMENTOS

0020

Obtém Erro do Engenharia do FIT_E_LAB
 BOT_ERR001 FIT_E B15:25

Unidade de Engenharia do FIT_S2_LAB_EU
 FIT_S2_LAB_EU

Greater Than (A>B)
 Source A F8:23 48.8311<
 Source B 0.0 0.0<

Compute
 Dest F8:94
 Expression ((F8:24 - F8:23) | F8:23) * 100.0

Porcentagem do Erro do FIT_E_LAB
 FIT_E_LAB_ERR0

0021

Obtém Erro do Engenharia do FIT_A_LAB
 BOT_ERR002 FIT_A B15:25

Unidade de Engenharia do FIT_S1_LAB_EU
 FIT_S1_LAB_EU

Greater Than (A>B)
 Source A F8:25 27.4675<
 Source B 0.0 0.0<

Compute
 Dest F8:95
 Expression ((F8:27 - F8:25) | F8:25) * 100.0

Porcentagem do Erro do FIT_A_LAB
 FIT_A_LAB_ERR0

0022

Obtém Erro do Engenharia do FIT_B_LAB
 BOT_ERR003 FIT_B B15:26

Unidade de Engenharia do FIT_S1_LAB_EU
 FIT_S1_LAB_EU

Greater Than (A>B)
 Source A F8:25 27.4675<
 Source B 0.0 0.0<

Compute
 Dest F8:85
 Expression ((F8:28 - F8:25) | F8:25) * 100.0

Porcentagem do Erro do FIT_B_LAB
 FIT_B_LAB_ERR0

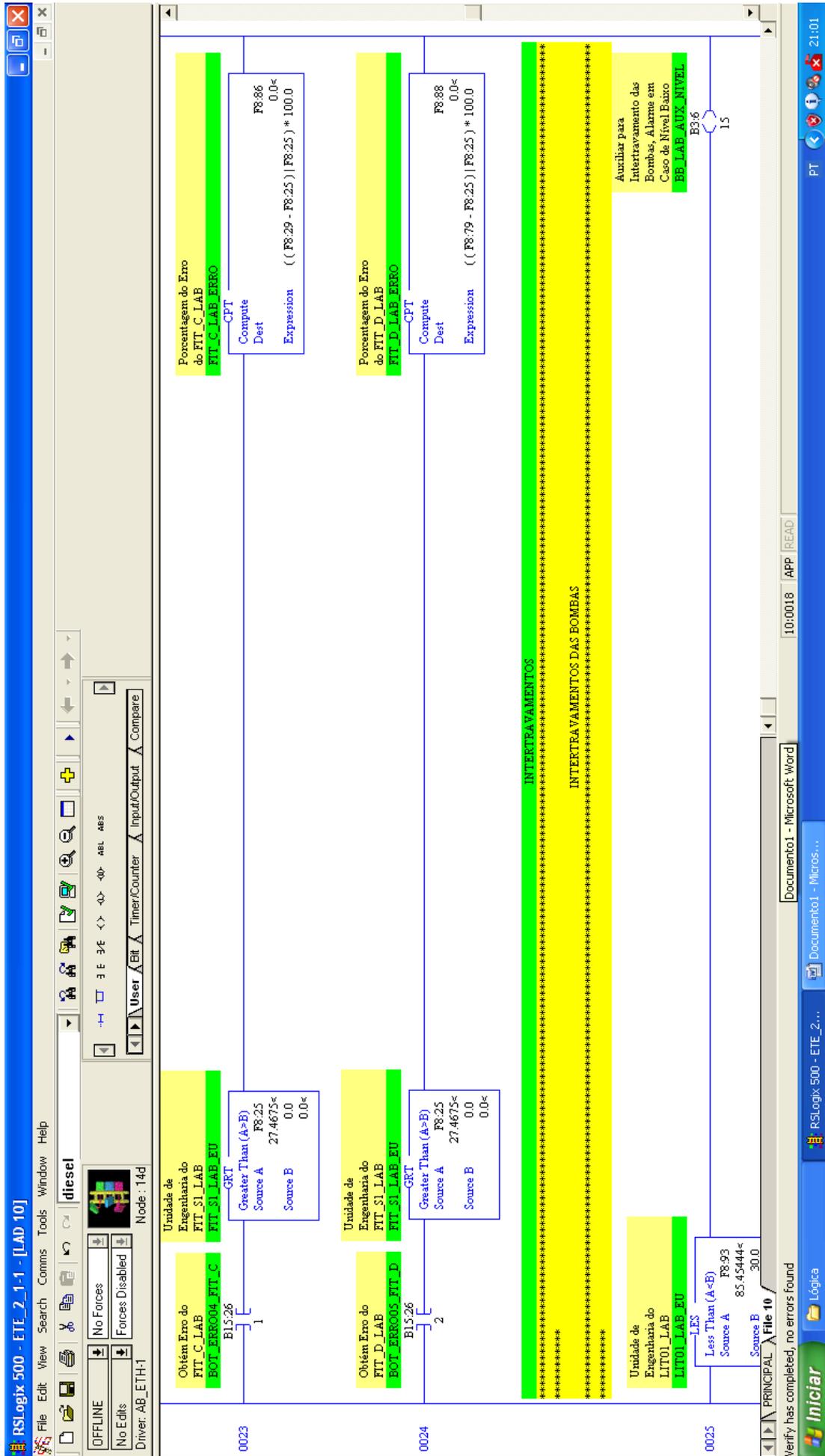
PRINCIPAL File 10

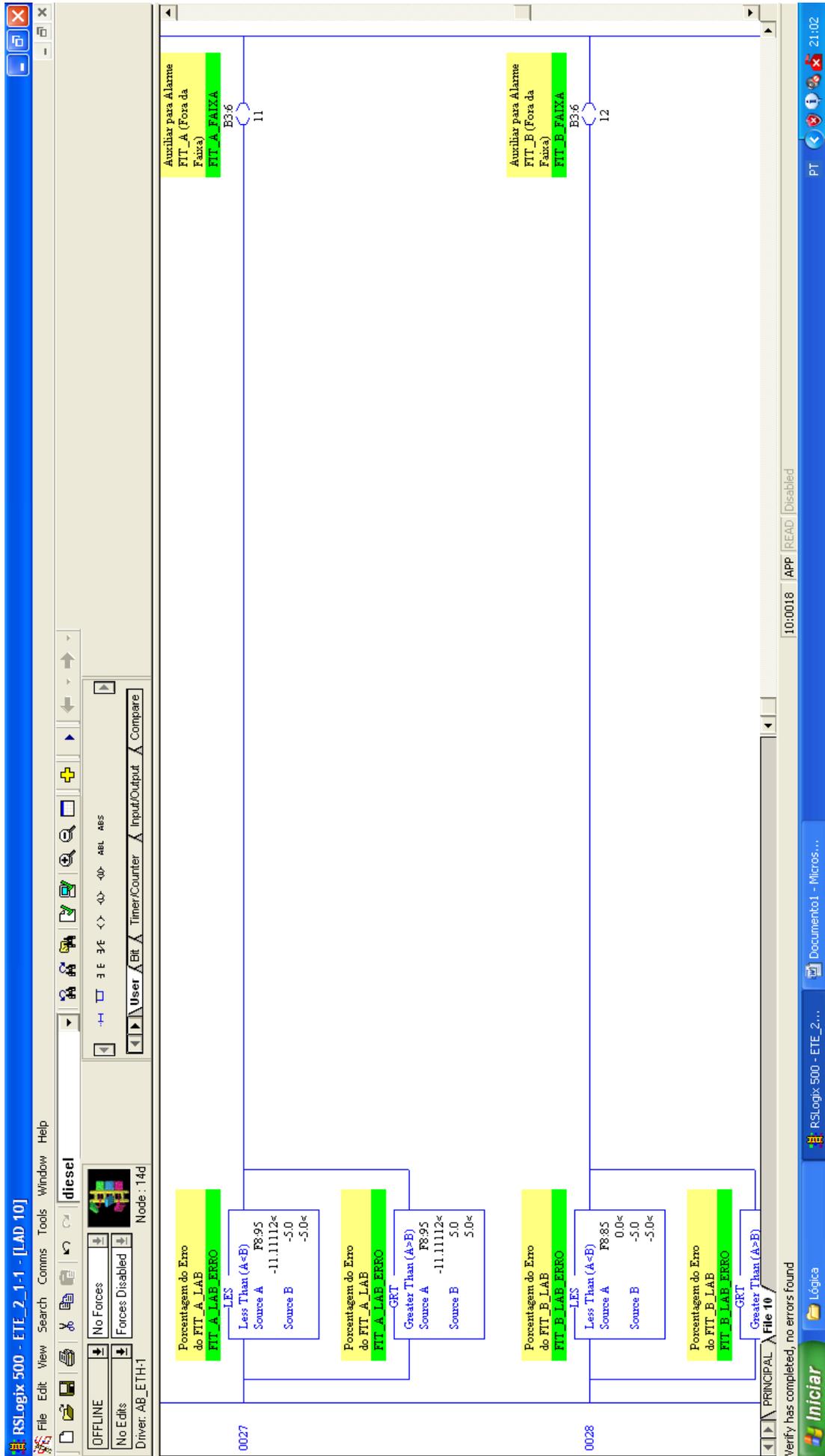
Verify has completed, no errors found

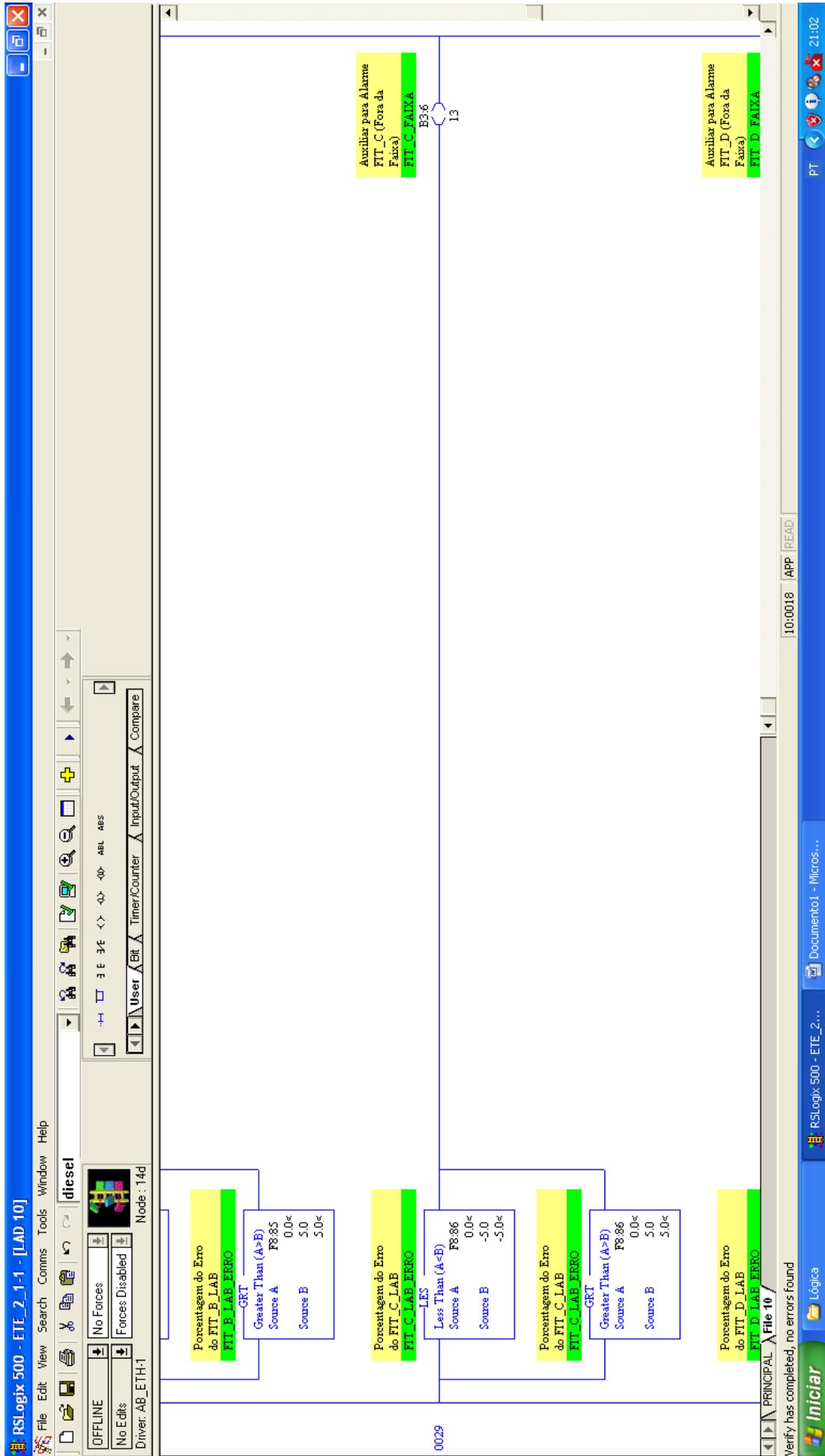
10:0018 APP READ

RSLogix 500 - ETE_2_1-1 - [LAD 10] Documento1 - Micros...

21:01







RSLogix 500 - ETE_2_1-1 - [LAD 10]

File Edit View Search Comms Tools Window Help

OFFLINE No Forces Forces Disabled Driver: AB_ETH-1 Node: 14d

dieisel

User Timer/Counter Input/Output Compare

00030

Porcentagem do Erro do FIT_D_LAB FIT_D_LAB_ERRO

LES

Less Than (A<B)

Source A T8:88 0.0< -5.0

Source B -5.0<

Porcentagem do Erro do FIT_D_LAB FIT_D_LAB_ERRO

GRT

Greater Than (A>B)

Source A T8:88 0.0< 5.0

Source B 5.0<

00031

Comandos Liga/Desliga Automáticos Bomba S1

Botão Liga Remoto BB_S1 BB_S1_LR B15:20

Botão Liga Remoto BB_S1 BB_S1_LR B15:20

Bomba S1 BB_S1 O:1 16

1747-SDN

Defeito Geral BB_S1 BB_S1_DG B14:21

Botão Desliga Remoto BB_S1 BB_S1_BDR B15:21

Botão Desliga Local BB_S1 BB_S1_BDL B15:21

Botão Desliga Automático BB_S1 BB_S1_BDA B15:21

Botão Parada Emergência Geral E_GEPAL B15:21

1746-IB32

Auxiliar para Alarme FIT_D (Fora da Faixa) FIT_D_FAIXA B3:6 14

PRINCIPAL File 10

Verify has completed, no errors found

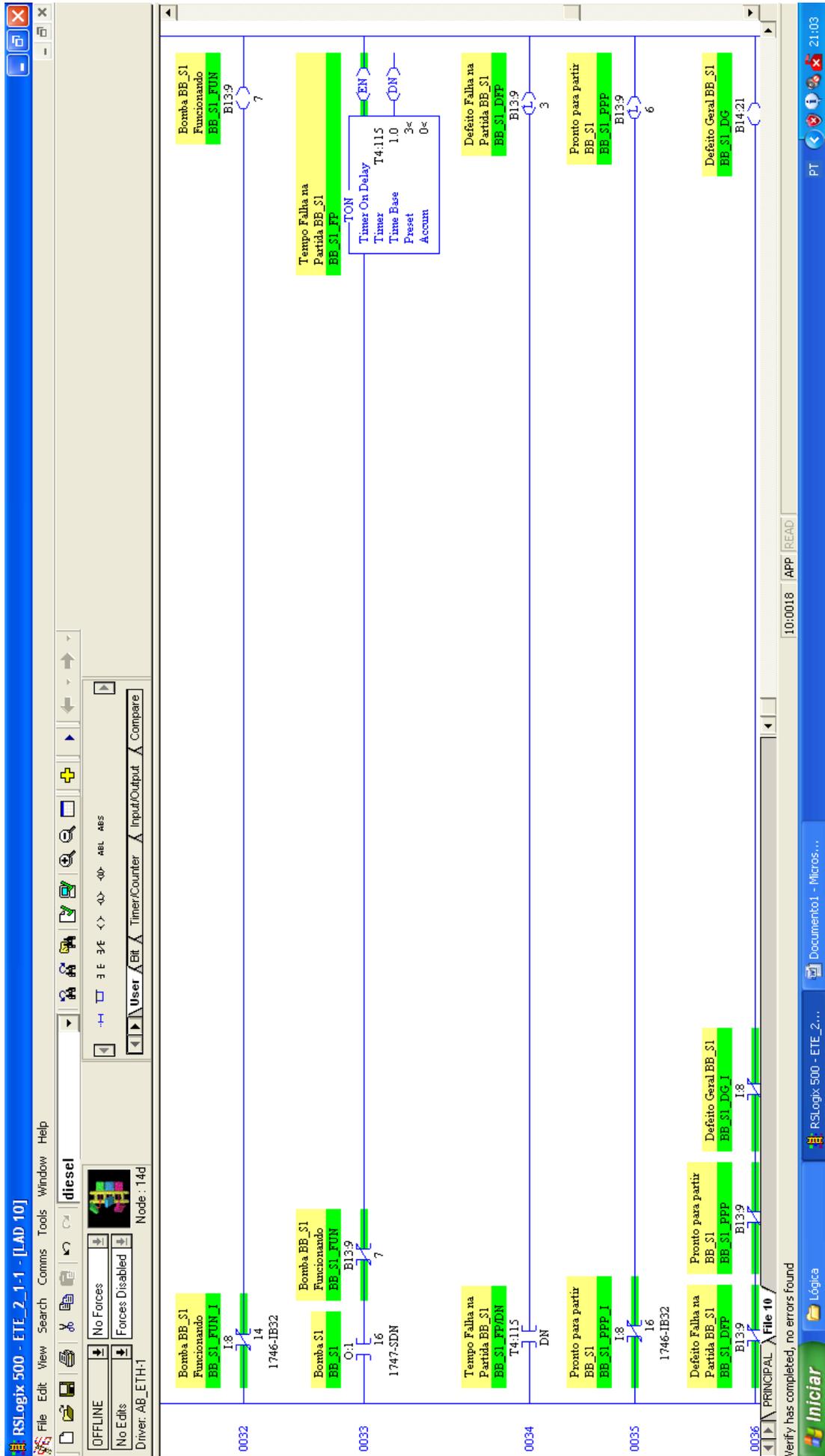
10:0018 APP READ

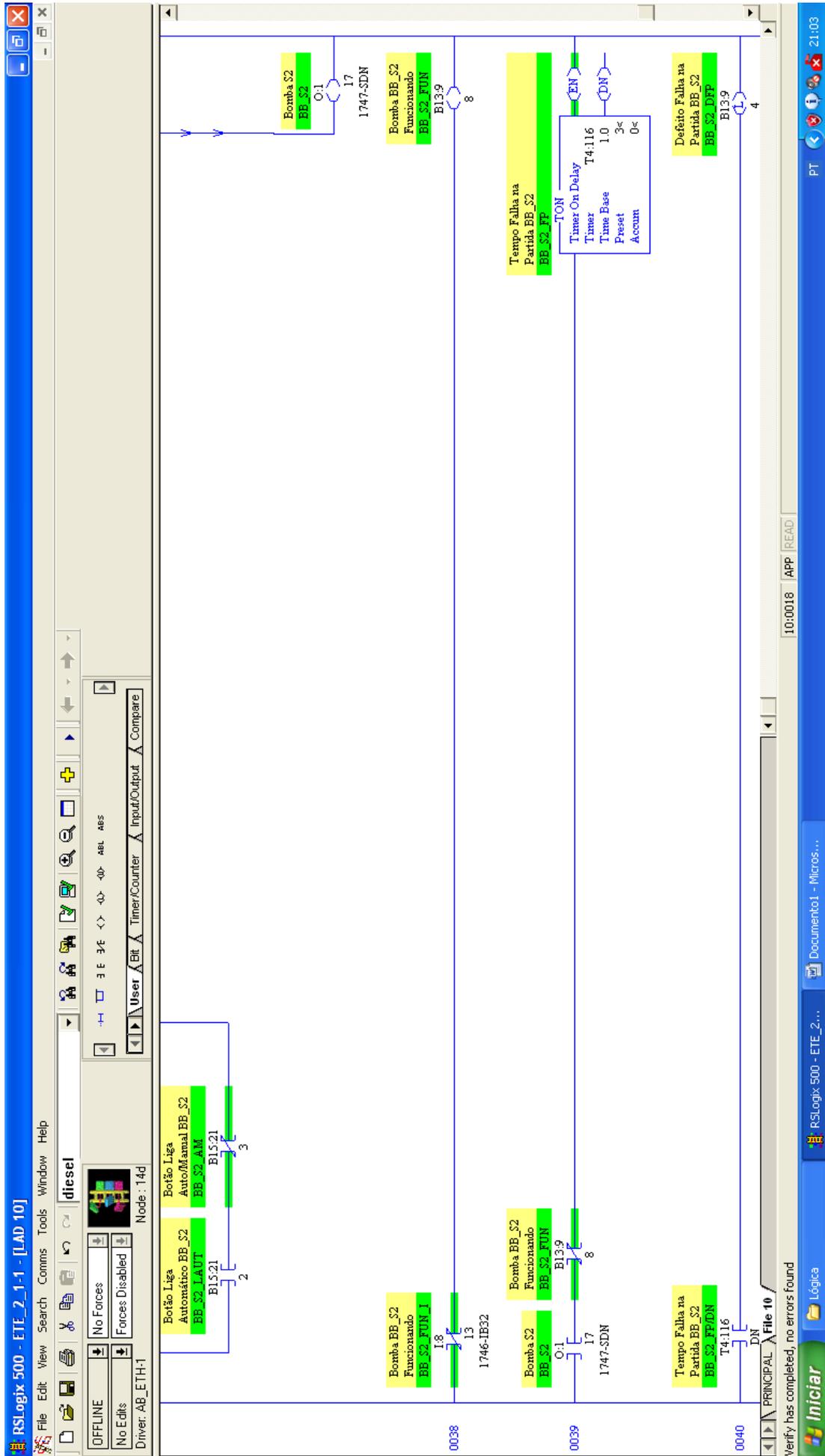
RSLogix 500 - ETE_2... Documento1 - Micros...

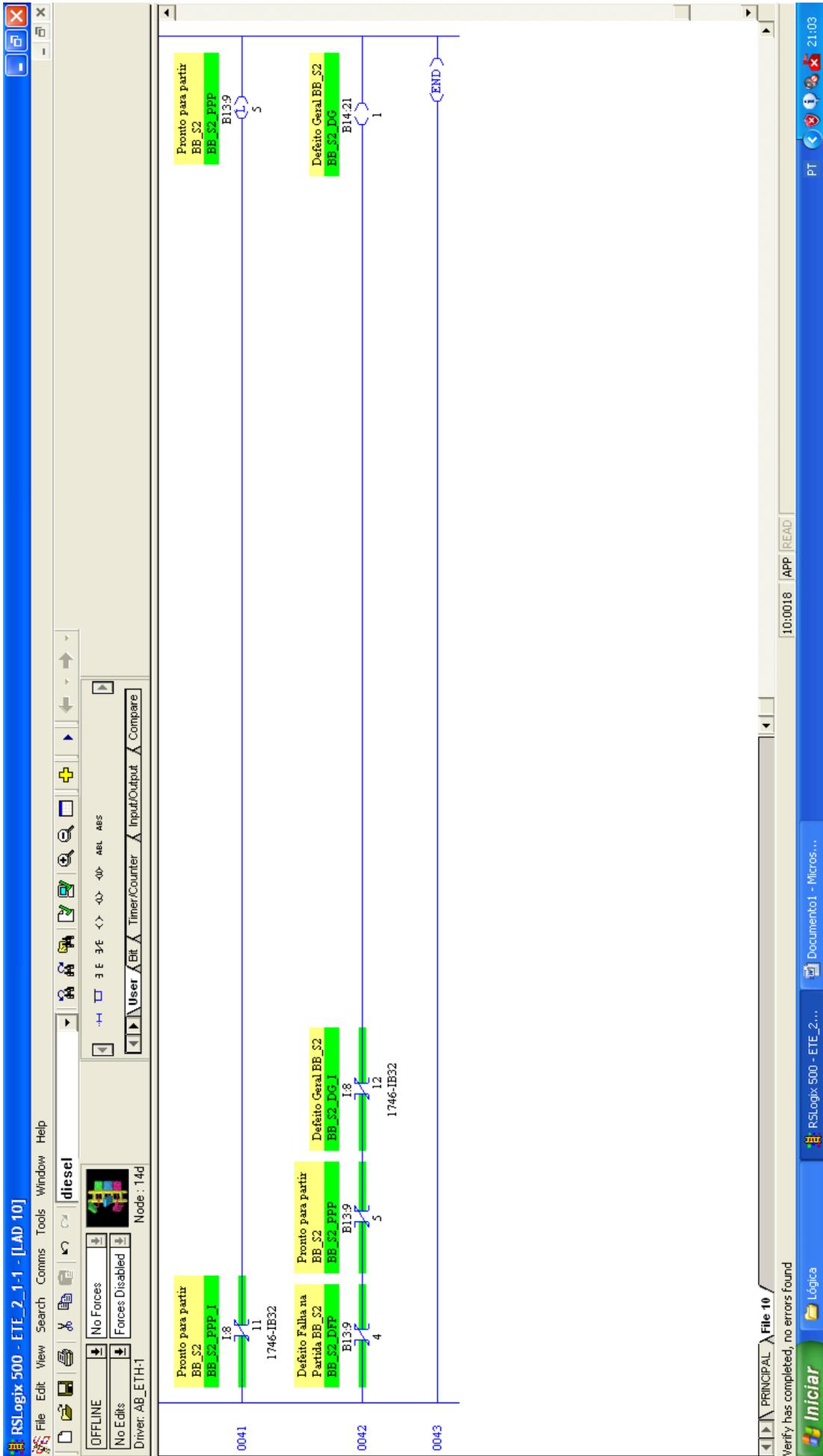
Logica

Iniciar

PT 21:03







ANEXO C – SISTEMA SUPERVISÓRIO

