



Programa de  
Recursos  
Humanos



anp  
Agência  
Nacional do  
Petróleo



FINEP

## **PROGRAMA EQ-ANP**

**Processamento, Gestão e Meio Ambiente na Indústria  
do Petróleo e Gás Natural**



# **AUTOMAÇÃO DE UMA UNIDADE DE DESTILAÇÃO EM BATELADA (UDB)**

**Milene Lagoas de Almeida Desmarais**

**Projeto de Final de Curso**

**Orientadora**

**Rossana O. M. Folly, D.Sc.**

**Setembro de 2008**

# **AUTOMAÇÃO DE UMA UNIDADE DE DESTILAÇÃO EM BATELADA (UDB)**

*Milene Lagoas de Almeida Desmarais*

Projeto de Final de Curso submetido ao Corpo Docente do Programa Escola de Química/Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – Processamento, Gestão e Meio Ambiente na Indústria de Petróleo e Gás Natural, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenharia Química com ênfase na área de Petróleo e Gás Natural – Refino e Processamento.

Aprovado por:

---

Andréa Valdman – LADEQ/UFRJ

---

Maurício Bezerra de Souza Jr., D.Sc./UFRJ

---

Alain Cognac Carelli – Eng. Químico/UFRJ

Orientado por:

---

Rossana O. M. Folly, D.Sc.

Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Setembro de 2008

## **Ficha Catalográfica**

**Desmarais, Milene Lagoas de Almeida.**

**Automação de uma unidade de destilação em batelada (UDB) / Milene Lagoas de Almeida Desmarais. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2008.**

**x, 56 p.**

**(Monografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2008. Orientadora: Rossana O. M. Folly.**

**1. Lógica Ladder / CLP. 2. Destilação batelada. 3. Sistema Supervisório. 4. Monografia. (Graduação – UFRJ/EQ). 5. Rossana O. M. Folly I. Título.**

Dedicatória

*A minha mãe.*

## AGRADECIMENTOS

À Agência Nacional de Petróleo, ANP, pela bolsa de estudos e oportunidade de participar do programa PRH 13 (EQ-ANP);

À Escola de Química da UFRJ, pelo aprendizado e convívio durante esses cinco anos;

À Andréa Valdman, pela paciência, amizade, compreensão, disponibilidade e dedicação em solucionar inúmeras dúvidas;

À professora Rossana O. M. Folly, pelo apoio, amizade, atenção, compreensão e aprendizado não só na elaboração deste trabalho como também durante os últimos anos da minha vida acadêmica;

Aos amigos Thiago Mury e João Villaça, pelas conversas, descontrações e aprendizados durante esses meses no laboratório;

À Alzirene Rodrigues, por toda ajuda e amizade durante a minha participação no programa PRH-13;

Às minhas orientadoras da época da iniciação científica no Pólo de Xistoquímica, Regina Sandra do Nascimento e Luciana Estevão, por me iniciarem na carreira científica e me orientarem quanto à escolha profissional;

Aos meus colegas e professores da graduação, que compartilharam comigo vários momentos do curso e que tanto me ajudaram à minha formação profissional e pessoal;

À pessoa mais importante na minha vida, minha mãe, pelo incentivo, apoio e orientação nos momentos mais complicados e difíceis da minha vida.

Resumo do Projeto Final apresentado à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenharia Química com ênfase na área de Petróleo e Gás Natural – Refino e Processamento.

## **AUTOMAÇÃO DE UMA UNIDADE DE DESTILAÇÃO EM BATELADA (UDB)**

Milene Lagoas de Almeida Desmarais

Setembro de 2008

Orientadora: Rossana O. M. Folly, D.Sc.

Nome do Grau: Engenharia Química

Nome da Ênfase: Refino e Processamento

Nas unidades de destilação em batelada, os sistemas de automação integrados de monitoração e controle para obtenção da curva PEV (ponto de ebulição verdadeiro) e cortes de petróleo, óleos lubrificantes e outros produtos são na verdade uma “caixa preta” fornecida pelos fabricantes atuais, o que tem acarretado dificuldades de manutenção, suporte e de obsolescência acelerada, devido à dependência entre interfaces, sistema operacional, de controle e microcomputador.

A obtenção de uma curva PEV é de suma importância para caracterização do petróleo, e para melhorar o desempenho desse processo, é necessário conhecimento e poder de atuação sobre a tecnologia envolvida, sendo que isso se torna difícil quando se está lidando com tecnologias rígidas e desconhecidas. Dessa forma, há a necessidade de se desenvolver um sistema novo e original de determinação de curva PEV.

Nesse contexto, o presente trabalho foi desenvolvido visando automatizar o processo, ou seja, obter maior integração e flexibilidade de operação das estações nessas unidades de destilação em batelada.

Para isso, foi configurado, em linguagem padrão de um CLP, o processo de destilação a pressão atmosférica, que é um dos processos envolvidos na unidade de destilação em batelada, baseando-se na norma ASTM D 2892 e utilizando um software computacional específico. Foram realizados também testes de comunicação entre o CLP, todas as interfaces, sistema operacional, de controle e microcomputador.

Abstract of a Final Project presented to Escola de Química/UFRJ as partial fulfillment of the requirements for the degree of Chemical Engineer with emphasis on Petroleum and Natural Gas – Refining and Processing

## **AUTOMATION OF A BATCH DISTILLATION UNIT (BDU)**

Milene Lagoas de Almeida Desmarais

September, 2008

Supervisors: Rossana O. M. Folly, D.Sc.

Degree: Chemical Engineering

Emphasis: Refining and Processing

Presently, in batch distillation units, the integrated monitoring and control automation systems for obtaining the TBP curve (true boiling point) and oil cuts, lubricating oils and other products are in fact a "black box" provided by manufacturers today, which has caused difficulties for maintenance, support and rapid obsolescence, due to dependence among interfaces, operating system, the control and microcomputer.

Obtaining a TBP curve is an important tool for characterization of oil and, in order to improve the performance of that process, knowledge and capability to act on the technology involved are necessary, which become difficult when you're dealing with rigid unknown technology. Thus, there is a need to develop a new and original system of determining TBP curve.

In that context, this work was developed aiming at automating the process, or achieving greater integration and flexibility of operation of the stations of those units in batch distillation.

For this reason, it was set up in standard language of a PLC, the process of distillation atmospheric pressure, which is one of the processes involved in the batch distillation unit, based on the standard ASTM D 2892 and using specific computer software. We also conducted tests of communication among the PLC, all interfaces, operating system, the control and microcomputer.

# ÍNDICE

Capítulo I. Introdução.....	1
I.1. Motivação.....	1
I.2. Aplicação na Indústria do Petróleo .....	2
I.3. Objetivo.....	2
I.4. Organização do texto.....	3
Capítulo II. Fundamentação Teórica.....	4
II.1. Destilação em Batelada.....	4
II.2. Curva PEV (Ponto de Ebulição Verdadeiro) .....	6
II.3. Controlador Lógico Programável - CLP .....	7
II.4. Sistema Supervisório .....	9
Capítulo III. Materiais e Métodos.....	10
III.1. Configuração inicial do programa .....	13
III.2. Etapa 01: Válvula de Refluxo.....	13
III.2.1. Configuração das variáveis discretas reais e virtuais da etapa 01 .....	14
III.2.2. Configuração dos blocos de funções e variáveis analógicas da etapa 01 ...	16
III.2.3 Ladder da etapa 01 .....	17
III.2.4 Tela gráfica da etapa 01 .....	19
III.3. Etapa 02: Seleção de processos .....	20
III.3.1. Configuração das variáveis discretas virtuais da etapa 02 .....	21
III.3.2. Ladder da etapa 02.....	23
III.3.3. Tela gráfica da etapa 02.....	25
III.3. Etapa 03: Destilação a pressão atmosférica.....	26
III.3.1. Configuração das variáveis discretas da etapa 03 .....	29
III.3.2. Configuração dos blocos de funções e variáveis analógicas da etapa 03 ...	31
III.3.3. Ladder da etapa 03.....	32
III.3.4. Tela gráfica da etapa 03.....	35
Capítulo IV – Resultados e Discussão.....	38
IV.1. Teste da etapa “Seleção de Processo” .....	38
IV.1.1. Procedimento para a realização do teste da etapa “Seleção de Processo” .	38
IV.1.2. Resultados do teste da etapa “Seleção de Processo” .....	40
IV.2. Teste da etapa “Válvula de Refluxo” .....	42
IV.2.1. Procedimento para a realização do teste da etapa “Válvula de Refluxo” ..	42
IV.2.2. Resultados do teste da etapa “Válvula de Refluxo” .....	43
IV.3. Teste da etapa “Destilação à pressão atmosférica” .....	45
IV.3.1. Procedimento para a realização do teste da etapa “Destilação à pressão atmosférica” .....	45
IV.3.2. Resultados da etapa “Destilação à pressão atmosférica” .....	47
Capítulo V – Conclusões e Sugestões para o Trabalho Futuro .....	54
V.1. Conclusão .....	54
V.2. Trabalhos futuros .....	54
Capítulo VI - Referências Bibliográficas .....	55
Anexo 1 – Documentos do programa .....	56



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1 – Representação de um estágio de equilíbrio (vapor -V- se enriquecendo com o composto mais volátil e o líquido -L- com o composto menos volátil) .....	4
Figura II.2 – Esquema simplificado de uma Coluna de Destilação em Batelada (BARBOSA,2004).....	5
Figura II.3 – Exemplo de Curva PEV (Ponto de Ebulição Verdadeiro).....	6
Figura II.4 –Funcionamento e esquema básico de um CLP .....	7
Figura II.5 – Exemplo de diagrama LADDER.....	8
Figura II.6 – Ilustração de um Controlador Lógico Programável .....	8
Figura II.7 – Esquema simplificado de um sistema de supervisão e controle.....	9
Figura III.1 - Esquema de interligação entre os elementos .....	10
Figura III.2 – Fluxograma geral do processo de destilação a pressão atmosférica de uma coluna em batelada. ....	12
Figura III.3 – Janela do software CONF700 mostrando a configuração dos módulos ..	13
Figura III.4 – Fluxograma simplificado da lógica da etapa “Válvula de Refluxo” .....	14
Figura III.5 – Tabela Global: Janela do software CONF700 mostrando a configuração da variável discreta real para etapa 01.....	15
Figura III.6 – Tabela Global Virtual: Janela do software CONF700 mostrando a configuração das variáveis discretas virtuais para a etapa 01. ....	16
Figura III.7 – Lógica Ladder da etapa 01 .....	18
Figura III.8 – Tela do sistema supervisorio relativa ao funcionamento da XV_01.....	19
Figura III.9 – Fluxograma simplificado da lógica da etapa “Seleção de Processos” .....	21
Figura III.10 – Tabela Global Virtual: Janela do software CONF700 mostrando a configuração das variáveis discretas virtuais para a etapa 02. ....	23
Figura III.11 – Lógica Ladder da etapa 02 .....	24
Figura III.12 – Tela gráfica relativa à configuração dos processos selecionados .....	25
Figura III.13 – Fluxograma simplificado da lógica seqüencial do funcionamento da Válvula de Coleta .....	27
Figura III.14 – Intercâmbio de sinais CLP – Sistema de Monitoração (SM).....	28
Figura III.15 – Tabela Global: Janela do software CONF700 mostrando a configuração das variáveis discretas reais para etapa 03.....	30
Figura III.16 – Tabela Global Virtual: Janela do software CONF700 mostrando a configuração das variáveis discretas virtuais para etapa 03. ....	30

Figura III.17 – Lógica Ladder da etapa 03: Cortes da destilação à pressão atmosférica	33
Figura III.18 – Lógica Ladder da etapa 03: Sistema de Monitoração – Sensores de captura de imagem.....	34
Figura III.19 – Lógica Ladder da etapa 03: Válvula de coleta.....	35
Figura III.20 – Tela do sistema supervisorio relativa aos sensores de captura de imagem e válvula de coleta. ....	36
Figura IV.1 - Tela do Sistema Supervisorio: Sinótico do Processo .....	39
Figura IV.2 - Tela do Sistema Supervisorio: Configuração das etapas.....	39
Figura IV.3 - Tela do CONF700 do CLP com a visualização dos resultados da etapa “Seleção de Etapas”.....	40
Figura IV.4 - Tela do Sistema Supervisorio com a visualização dos resultados para etapa “Seleção de Etapas”.....	41
Figura IV.5 - Tela do Sistema Supervisorio: Funcionamento da Válvula de Refluxo... ..	42
Figura IV.6 - Tela do CONF700 do CLP com a visualização dos resultados da etapa “Válvula de Refluxo” . ....	43
Figura IV.7 – Alteração no tempo de ciclo de 30 para 18 segundos na válvula de refluxo.....	44
Figura IV.8 - Tela do Sistema Supervisorio com a visualização dos resultados do teste para a etapa “Válvula de Refluxo”.....	44
Figura IV.9 - Tela do Sistema Supervisorio: Sistema de Moniotoraçõ da Garrafa. ....	45
Figura IV.10- Tela do CONF700 do CLP com a visualização dos resultados após queda da primeira gota referente a etapa “Destilação à pressão atmosférica”.....	47
Figura IV.11 - T ela do CONF700 do CLP durante o primeiro corte referente a etapa “Destilação à pressão atmosférica” .....	48
Figura IV.12 - T ela do CONF700 do CLP durante um corte referente a etapa “Destilação à pressão atmosférica” .....	48
Figura IV.13 - T ela do CONF700 do CLP capturada no momento em que a garrafa de coleta está cheia, referente a etapa “Destilação à pressão atmosférica”.....	49
Figura IV.14 - Tela do Sistema de Monitoração da Garrafa antes da queda da 1º gota. 50	
Figura IV.15 - Tela do Sistema de Monitoração da Garrafa após queda da 1º gota .....	50
Figura IV.16 - Tela do Sistema de Monitoração da Garrafa durante o primeiro corte ..	51
Figura IV.17- Tela do Sistema de Monitoração da Garrafa no momento em que o volume máximo da garrafa foi atingido. ....	52
Figura IV.18- Tela do Sistema Monitoraçõ Garrafa no momento do último corte. ....	53

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela II.1 – Representação gráfica dos elementos de contato e bobina, NA e NF.....	8
Tabela III.1 – Tabela das variáveis discretas reais e virtuais configuradas para etapa “Válvula de Refluxo” .....	15
Tabela III.2 – Tabela descrição dos blocos funcionais usados no Ladder da etapa 01.	16
Tabela III.3 – Tabela das variáveis analógicas usadas no Ladder da etapa 01.....	17
Tabela III.4 – Tabela das variáveis discretas virtuais configuradas para etapa “Seleção de processos” .....	22
Tabela III.5 – Tabela das variáveis discretas reais e virtuais configuradas para etapa “Destilação à pressão atmosférica” .....	29
Tabela III.6 – Tabela de descrição dos blocos de função usados no Ladder da etapa 0331	
Tabela III.7 – Tabela as variáveis analógicas usadas no Ladder da etapa 03.....	32

# Capítulo I. Introdução

## *I.1. Motivação*

A palavra *automation* foi inventada pelo *marketing* da indústria de equipamentos na década de 60. A intenção era enfatizar a participação do computador no controle automático industrial. Hoje se entende por automação industrial qualquer sistema baseado em computadores que substitua o trabalho humano e que vise a soluções rápidas e econômicas para atingir os complexos objetivos das indústrias [Revista Controle e Automação, 2005].

A indústria atualmente está imersa em um mercado extremamente dinâmico, flexível e globalizado. Ela busca a modernização de toda a sua estrutura visando atingir as melhores práticas internacionais, obtendo a maximização de produtividade e lucratividade, minimização na utilização de recursos naturais e alta qualidade de seus produtos para atender ao mercado consumidor, garantindo assim competitividade e manutenção de mercado.

No Brasil é dominante a arquitetura de controle e segurança baseada na “dobradinha” supervisorio/PLC, mas o uso de ferramentas mais modernas e estruturadas de implementação de software de automação ainda está muito prematuro quando comparado com o que já é feito em grandes operadoras no mundo atualmente. No entanto, considerando as vantagens de implementação e manutenção do software usando essas técnicas mais estruturadas, espera-se que sua disseminação no Brasil, em um futuro próximo, seja um fato [Revista Controle e Automação, 2005].

Uma das grandes barreiras encontradas para acelerar essa disseminação é a dificuldade que as empresas estão enfrentando para encontrar profissionais melhor qualificados e que constantemente adquiram e aperfeiçoem suas competências para o desenvolvimento e a implantação dessas novas estruturas. No Brasil ainda há poucos cursos na área de Controle e Automação, e mesmo assim, há necessidade de integração desse tipo de profissional com profissionais de outras áreas, como o engenheiro químico, pois este possui uma visão do processo que nem sempre o Engenheiro de Controle e Automação possui.

É essa atual situação das indústrias e do mercado que motiva os profissionais e alunos da área a buscar novos projetos, pesquisas e desenvolvimentos na área de automação.

## ***1.2. Aplicação na Indústria do Petróleo***

Este trabalho de fim de curso foi desenvolvido em conjunto com o CENPES, e está vinculado com um projeto chamado “Unidades de Destilação Batelada”, financiado pela PETROBRAS e FINEP, mostrando ser um projeto de aplicação direta na indústria do petróleo. O objetivo desse projeto é otimizar a maneira como a destilação em batelada é conduzida atualmente.

O trabalho em questão visa nacionalizar unidades de destilação utilizadas para obtenção da curva PEV (ponto de ebulição verdadeiro), que é de suma importância para a caracterização do petróleo, conforme os procedimentos descritos pela norma ASTM D-2892, através de uma unidade de destilação em batelada de fácil utilização operacional e manutenção.

Atualmente os sistemas de automação integrados de monitoração e controle para a obtenção de tal curva são na verdade uma “caixa-preta”, limitando o conhecimento e o poder de atuação sobre a tecnologia envolvida. O presente trabalho desenvolve sistemas integrados aos programas de automação laboratorial e SCADA (sistema supervisor), com uma arquitetura mais aberta e uma tecnologia mais flexível, em contrapartida aos sistemas de arquiteturas rígidas e desconhecidas atuais.

## ***1.3. Objetivo***

O objetivo específico deste projeto é a automação da etapa de destilação à pressão atmosférica (uma das etapas envolvidas no processo geral de destilação do petróleo), baseando-se no Método de Ensaio Padrão para Destilação de Petróleo Cru (coluna de 15 pratos teóricos) ASTM D 2892 que consiste em destilar o petróleo cru estabilizado a uma temperatura final de 400 °C AET (temperatura equivalente atmosférica), e utilizando os softwares computacionais CONF700 Versão 5.41 da SMAR para a configuração e programação do processo de destilação à pressão atmosférica na linguagem padrão de um controlador lógico programável (CLP) e o iFIX® da Intellution/GEFANUC que permite acompanhar o desenvolvimento do processo através de telas configuradas em um micro computador.

#### ***1.4. Organização do texto***

Com a finalidade de facilitar a compreensão dos estudos realizados para se atingir o objetivo proposto nesse projeto de final de curso, o texto está dividido em capítulos, a saber:

- Uma breve explicação dos assuntos abordados nesse trabalho é realizada no Capítulo 2, utilizando, para tal explicação, a fundamentação teórica sobre o conceito e funcionamento de uma coluna de destilação em batelada, bem como o conceito e importância da curva PEV (ponto de ebulição verdadeira), a arquitetura e execução de um controlador lógico programável (CLP) e no que consiste um sistema supervisorio.

- Já o Capítulo 3 apresenta a metodologia adotada para a configuração do CLP e o desenvolvimento da linguagem ladder, mostrando o estudo lógico do processo envolvido em cada etapa, configurando as variáveis discretas (reais e virtuais) e analógicas, os blocos de funções e as telas gráficas do sistema supervisorio criadas para visualizar no computador toda a execução dos testes.

- No Capítulo 4 é descrito como executar alguns testes reais aplicáveis à coluna e ao processo, bem como os resultados obtidos e uma discussão sobre os mesmos.

- No Capítulo 5 são apresentadas as conclusões do trabalho após a execução dos testes bem como propostas de trabalhos futuros.

- Já no fim do texto, no Capítulo 6, são listadas as referências bibliográficas que deram embasamento a este projeto final de curso.

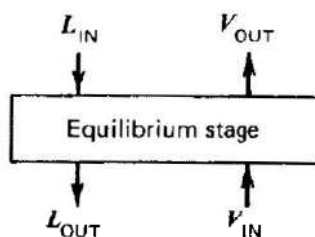
É importante salientar que segue em anexo, ao final do trabalho, uma documentação referente ao programa completo desenvolvido no CONF700.

## Capítulo II. Fundamentação Teórica

Este trabalho aborda assuntos diversificados como destilação em batelada, CLP e sua linguagem padrão e sistema supervisorio. Sendo assim, para uma melhor compreensão das etapas adotadas e termos utilizados ao longo do trabalho, faz-se necessária uma breve explicação de cada assunto.

### II.1. Destilação em Batelada

A destilação é uma operação unitária que consiste na separação de uma mistura baseada na diferença do ponto de ebulição (PE) das substâncias envolvidas na mistura, onde, através de adição de calor ao meio, há transferência de massa entre as fases líquida e vapor (estágio de equilíbrio). Com isso, as substâncias com menor PE se volatilizam enquanto a mistura inicial vai se enriquecendo no composto de maior PE (menos volátil) (ATKINS, 2002).

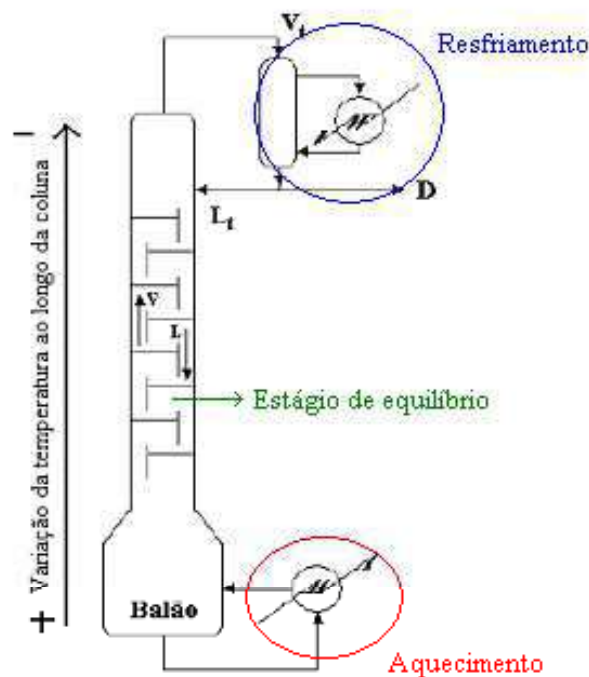


*Figura II.1 – Representação de um estágio de equilíbrio (vapor -V- se enriquecendo com o composto mais volátil e o líquido -L- com o composto menos volátil)*

O equipamento utilizado nesse tipo de operação é uma coluna de destilação, que é basicamente uma estrutura cilíndrica vertical contendo dispositivos em seu interior que promovem um maior contato entre as fases, aumentando a eficiência de separação. Cada região formada entre esses dispositivos é um estágio de equilíbrio ou, mais comumente chamado, prato teórico.

Há vários arranjos de coluna para se efetuar uma destilação, e um deles é a unidade de destilação em batelada, muito utilizada principalmente nas plantas piloto por ter maior flexibilidade de operação quando comparada aos equipamentos contínuos (HENLEY & SEADER, 1981).

Na coluna de destilação em batelada a carga a ser processada é posta em um reservatório (balão de destilação) localizado na parte inferior da coluna que é aquecido por uma fonte de energia até entrar em ebulição. O vapor ( $V_t$ ) vai subindo ao longo da coluna até ser condensado na parte superior quando encontra uma fonte fria. Parte desse condensado retorna à coluna pelo topo da mesma como refluxo ( $L_t$ ) através da abertura de tempos em tempos de uma válvula de refluxo a fim de manter um equilíbrio na coluna, de acordo com a estratégia de refluxo. A outra parte desse condensado ( $D$ ) é continuamente recolhido em coletores através da válvula de coleta. Cortes são feitos alternando coletores, podendo-se, nos tempos de troca, alterar as condições operacionais. A coluna também pode operar a pressões elevadas ou a vácuo, sendo necessários dispositivos adequados para tal (BARBOSA, 2004).



*Figura II.2 – Esquema simplificado de uma Coluna de Destilação em Batelada*  
(BARBOSA,2004)



## II.2. Curva PEV (Ponto de Ebulição Verdadeiro)

Para o monitoramento e controle de processos de refino de petróleo, é fundamental a disponibilidade de informações sobre a distribuição dos pontos de ebulição dos componentes do óleo cru e sobre os possíveis produtos da separação, de modo a se ter uma previsão qualitativa e quantitativa sobre futuros rendimentos. No entanto, a obtenção de informações detalhadas sobre a qualidade das frações de petróleo não é viável, em virtude da presença de uma infinidade de componentes. Por isto, a curva do Ponto de Ebulição Verdadeiro (PEV) de um dado óleo é utilizada com o objetivo de permitir aproximar a sua composição.

A curva PEV é obtida em laboratório a partir dos métodos ASTM D 2892 (destilação atmosférica) e ASTM D 5236 (destilação a vácuo). Primeiramente, o método ASTM D 2892 é aplicado para uma carga de petróleo até esta atingir a temperatura de 400 °C. Em seguida, o resíduo 400 °C+ é destilado até atingir a temperatura de aproximadamente 565 °C. Tais procedimentos são descritos e padronizados pela ASTM (*American Society for Testing Materials*). Ela é gerada a partir da obtenção de informações sobre a % acumulada de volume do destilado juntamente com os respectivos valores da temperatura final do corte.

A metodologia é compreendida, basicamente, por uma destilação em batelada que usa um grande número de estágios e com alto refluxo para o destilado, de forma que a temperatura em qualquer ponto na curva temperatura-volume representa o verdadeiro ponto de ebulição do material presente naquele ponto de porcentagem de volume evaporado (LIMA & tal, 2007).

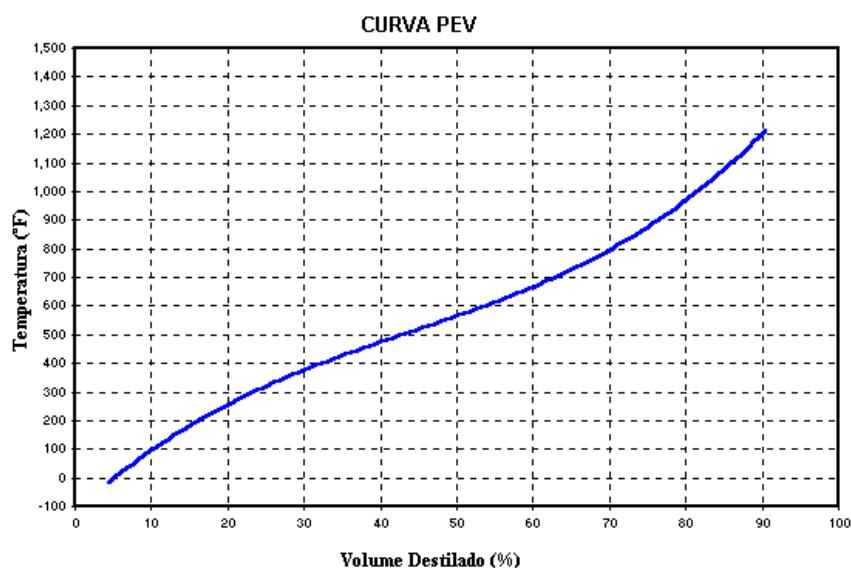


Figura II.3 – Exemplo de Curva PEV (Ponto de Ebulição Verdadeiro)

### II.3. Controlador Lógico Programável - CLP

O Controlador Lógico Programável, na área de automação, foi criado para substituir os painéis de relê. É um equipamento modular que permite a conexão de instrumentação elétrica convencional, permitindo assim a implementação de lógicas de controle. Os módulos selecionados possuem características elétricas específicas e são conectados tanto a variáveis analógicas quanto a variáveis discretas, de entrada ou saída. Para permitir uma maior abrangência de sinais de instrumentação industrial, existem módulos que permitem sua interligação a rede Fieldbus (FB), disponibilizando assim todas as informações pertinentes a rede FB.

Segundo BOLTON (pg. 03, 2006), o CLP usa uma memória programável para guardar instruções e implementar funções como: lógica, sequenciamento, temporizador, contador e operações matemáticas, no intuito de controlar máquinas e processos. Ou seja, de forma resumida, o CLP é vantajoso em relação aos controladores comuns porque ele é capaz de atuar no intertravamento de segurança, de controlar uma seqüência de eventos inerentes ao processo, atuar em situação de alarmes fatais e não fatais, entre outros.

O sistema de um CLP é composto basicamente por uma unidade de processador (CPU), fonte de alimentação e unidades de entrada e saída, que recebem/enviam informações do campo, respectivamente. Todos esses componentes precisam ser configurados quando se desenvolvem ações de controle, utilizando para isto uma linguagem padrão do CLP. Há também a necessidade de se usar uma interface de comunicação, para receber e transmitir dados por toda a rede de comunicação independente se for para um outro PLC ou para o sistema supervisório (BOLTON,2006).

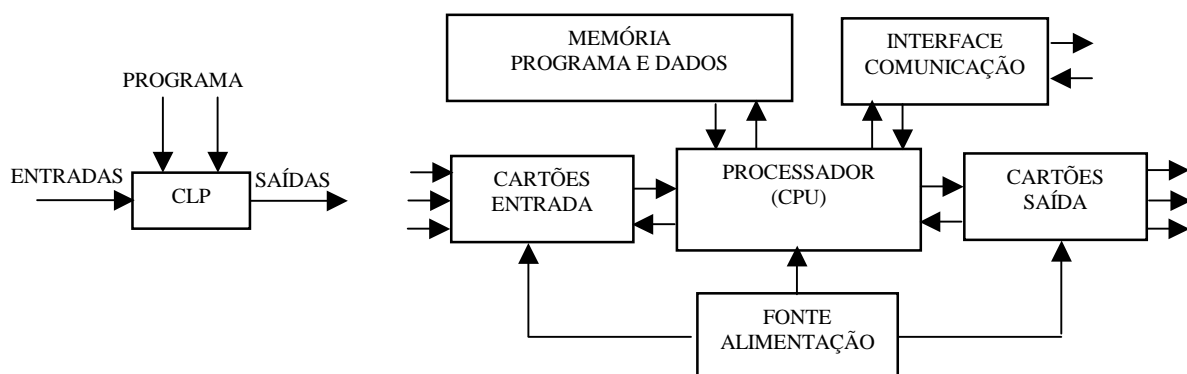


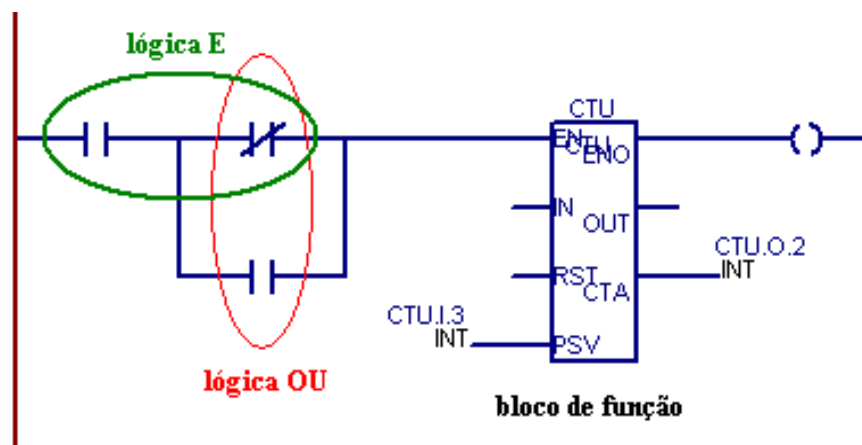
Figura II.4 –Funcionamento e esquema básico de um CLP

A linguagem padrão de um CLP é chamada de LADDER, onde o diagrama gerado é um gráfico que funciona como um circuito elétrico, pois as funções lógicas são representadas através de contatos (elementos de entrada) e bobinas (elementos de saída), além de blocos funcionais (como por exemplo, temporizadores e contadores) e de constantes. Os contatos e as bobinas podem ser ditas normalmente abertas (NA - quando o elemento está fechado, a variável associada será verdadeira) ou normalmente fechadas (NF - quando o elemento está aberto, a variável associada será verdadeira), sendo que os contatos são escritos conforme lógica em série (E) ou em paralelo (OU) : E/OU.

A linguagem Ladder permite o acionamento de vários elementos de saída simultaneamente, por meio de uma mesma lógica de controle (UFJF).

*Tabela II.1 – Representação gráfica dos elementos de contato e bobina, NA e NF.*

NORMALMENTE FECHADO		NORMALMENTE ABERTO	
CONTATO	BOBINA	CONTATO	BOBINA



*Figura II.5 – Exemplo de diagrama LADDER*

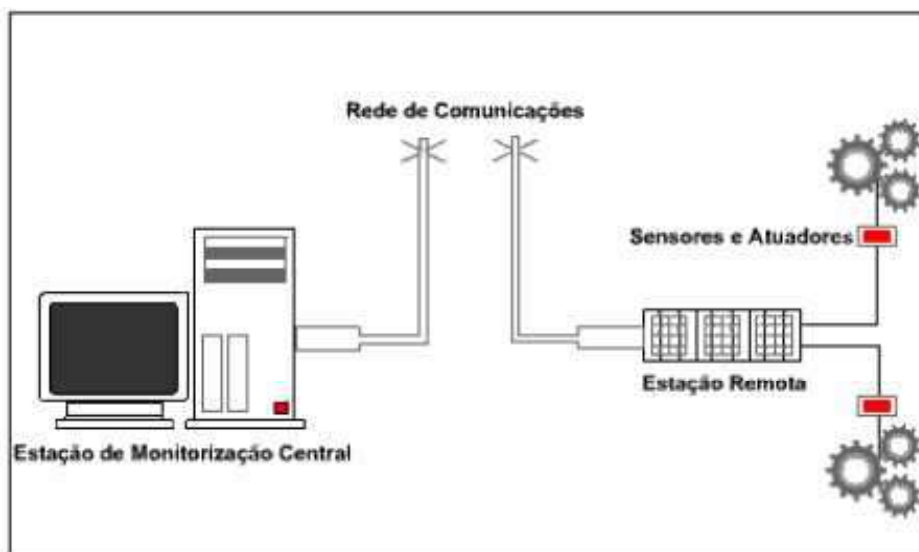


*Figura II.6 – Ilustração de um Controlador Lógico Programável*

## ***II.4. Sistema Supervisório***

Os Sistemas Supervisórios são softwares específicos utilizados para desenvolvimento de interfaces Homem-Máquina entre uma planta industrial e o operador.

Estes sistemas monitoram o processo e armazenam as variáveis correspondentes ao longo de todo o processo produtivo ou instalação física, permitindo rastreá-las. Sensores instalados nos equipamentos em campo medem as variáveis, e estas informações, chegam a um centro de controle através de uma rede de comunicação, onde são coletadas através de equipamentos de aquisição de dados e, em seguida, tratadas e apresentadas ao usuário. Através de telas configuradas no sistema supervisório, é possível acompanhar o andamento do processo, e ao verificar o comportamento de determinadas variáveis, o usuário pode, através de simples comandos no computador, tomar a decisão de alterar/corrigir os parâmetros que julgar necessário para corrigir as variáveis e, com isso, aumentar a performance do mesmo. Estes sistemas também são conhecidos como SCADA (*Supervisory Control and Data Aquisition*) (SILVA, 2008).



*Figura II.7 – Esquema simplificado de um sistema de supervisão e controle*

## Capítulo III. Materiais e Métodos

De maneira simplificada, o principal objetivo do presente trabalho é escrever o processo de destilação a pressão atmosférica na linguagem LADDER e habilitar a configuração para ser operada através da tela do sistema supervisorio, usando o CLP LC700, o software CONF700 versão 5.41 para a configuração do CLP, ambos da SMAR, e o software iFIX® da Intellution/GEFANUC para a configuração das telas do sistema supervisorio.

De forma simplificada, a interligação entre os sensores/atuadores de campo, o CLP e o sistema supervisorio pode ser representada conforme esquema a seguir (Figura III.1):

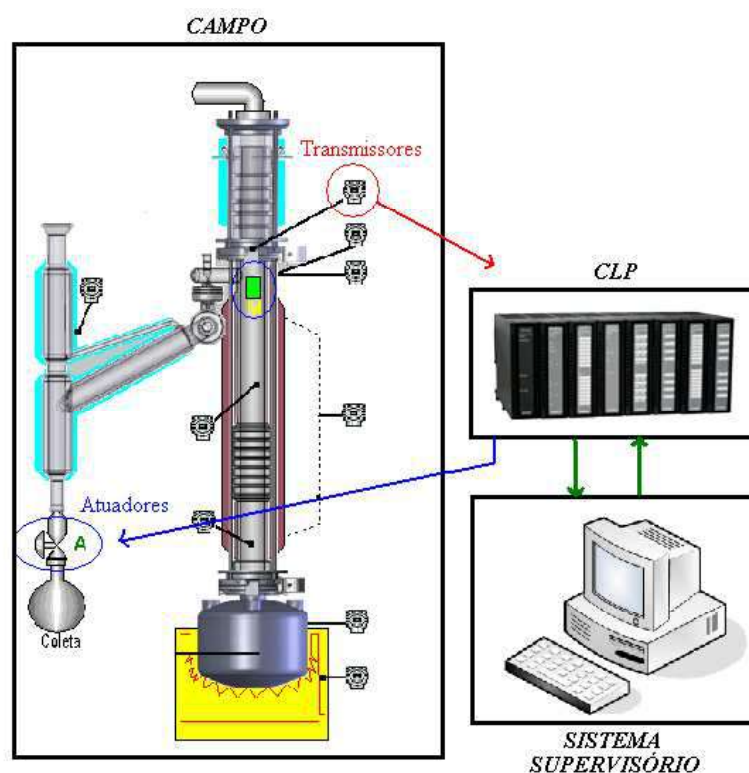


Figura III.1 - Esquema de interligação entre os elementos

Os transmissores repassam as informações do campo para o CLP, que por sua vez executa um programa lógico interno de acordo com as informações recebidas. O operador visualiza todas essas informações na tela do computador e toma as decisões que julgar necessárias. Essas ações feitas pelo operador são transmitidas ao CLP, que executa uma sequência lógica com essas informações e as transmite para os atuadores de campo de modo a corrigir, ou simplesmente executar, um evento.

Quando se deseja desenvolver um diagrama ladder, algumas etapas devem ser seguidas. As principais etapas utilizadas nesse trabalho para automatizar o processo de destilação à pressão atmosférica são:

1° - Definir o fluxograma lógico, no intuito de facilitar o entendimento sobre todo o seqüenciamento de cada etapa envolvido no processo;

2° - Definir variáveis discretas reais e virtuais;

3° - Definir blocos funcionais

4° - Definir as variáveis analógicas;

5° - Configurar o LADDER;

6° - Definir endereços para comunicação com as telas do sistema supervisorio;

7° - Executar testes integrados com o CLP e o Sistema Supervisorio.

Para iniciar esse seqüenciamento descrito anteriormente, um fluxograma geral inicial foi desenvolvido, mostrando cada etapa da destilação atmosférica de acordo com a norma ASTM D 2892.

Os outros fluxogramas lógicos simplificados que serão encontrados no decorrer deste trabalho representam o desdobramento de algumas etapas principais selecionadas no fluxograma geral. Essas etapas selecionadas estão hachuradas de vermelho no fluxograma a seguir (Figura III.2).

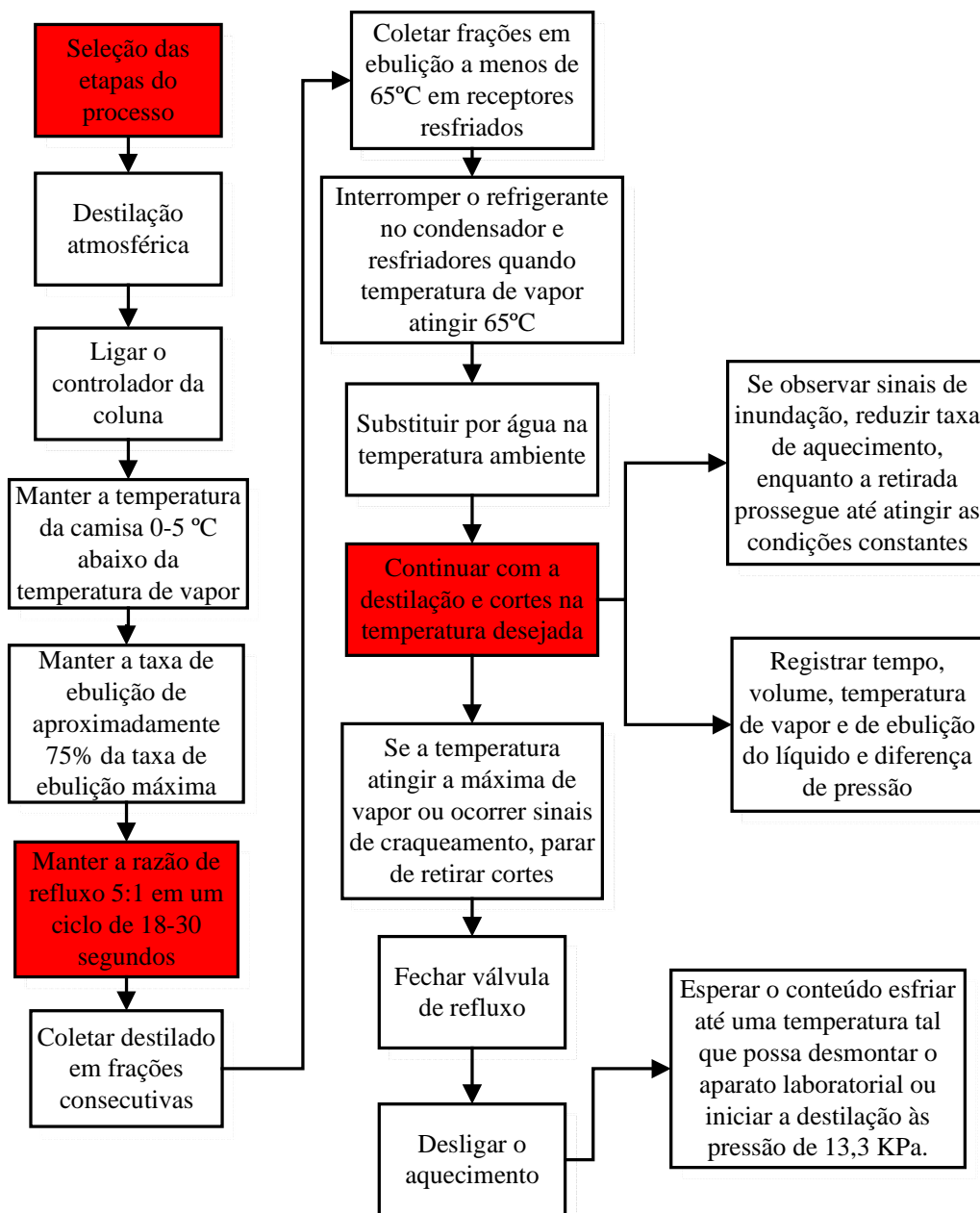


Figura III.2 – Fluxograma geral do processo de destilação a pressão atmosférica de uma coluna em batelada.

A primeira etapa (etapa 01) desenvolvida foi “Manter a razão de refluxo 5:1 em um ciclo de 18-30 segundos”, denominada “Válvula de Refluxo” ao longo do trabalho. A segunda etapa (etapa 02) foi a “Seleção das etapas do processo”, denominada “Seleção de Processos”. Já a etapa “Continuar com a destilação e cortes na temperatura desejada”, na qual foi chamada de “Destilação à Pressão Atmosférica” durante o trabalho, foi a terceira e última etapa desenvolvida (etapa 03).

### III.1. Configuração inicial do programa

Antes de iniciar o estudo da 1ª etapa e desenvolvê-la na linguagem ladder, algumas configurações iniciais precisaram ser feitas.

A configuração inicial está em designar os tipos de cartões (módulos) que serão utilizados em campo no processo como um todo. A princípio foi utilizado um conjunto de cartões (04 módulos – CPU, fonte, entrada e saída) de um CLP laboratorial que não necessariamente são os utilizados na coluna real. Isso foi feito para que se pudesse simular fisicamente as entradas do CLP sem interferir nos sensores instalados na coluna e verificar se a seqüência lógica desejada estava sendo executada corretamente, bem como se os comandos do sistema supervisorio estavam se comunicando perfeitamente, sem necessariamente atuar na coluna real.

Os cartões configurados foram:

⇒ PS-AC-0: Módulo Power (Fonte)

⇒ CPU-700-3C: Módulo CPU

⇒ M-123: Módulo Saída

⇒ M-012: Módulo Entrada

Hardware Configuration for Remote Main					
	Rack	Slot	Module	Description	Comment
▶	0	0	PS-AC-0	Power Supply Module 90-264VAC to 5VDC @3A / 24VDC @300mA	
	0	1	CPU-700-3C	CPU Module V8.40 - 30K bytes E2PROM - 15MHz Controller	
	0	2	M-123	2 Groups of 8 NO Relays Outputs (Double Level of Isolation)	
	0	3	M-012	2 Groups of 8 120 VAC Inputs (Isolated)	

Figura III.3 – Janela do software CONF700 mostrando a configuração dos módulos

### III.2. Etapa 01: Válvula de Refluxo

Sabendo que para controlar uma razão de refluxo deve-se atuar na válvula de refluxo (válvula do tipo totalmente aberta ou totalmente fechada) e que uma razão de refluxo 5:1 em um dado período de tempo (a ser determinado pelo operador dentro da faixa permitida) significa dizer que a válvula de refluxo ficará fechada durante um tempo igual a cinco vezes o tempo determinado pelo operador, e aberta durante um tempo igual a uma vez o tempo determinado pelo operador, de maneira alternada, pôde-se construir o fluxograma lógico dessa etapa. Veja a seguir (Figura III.4):



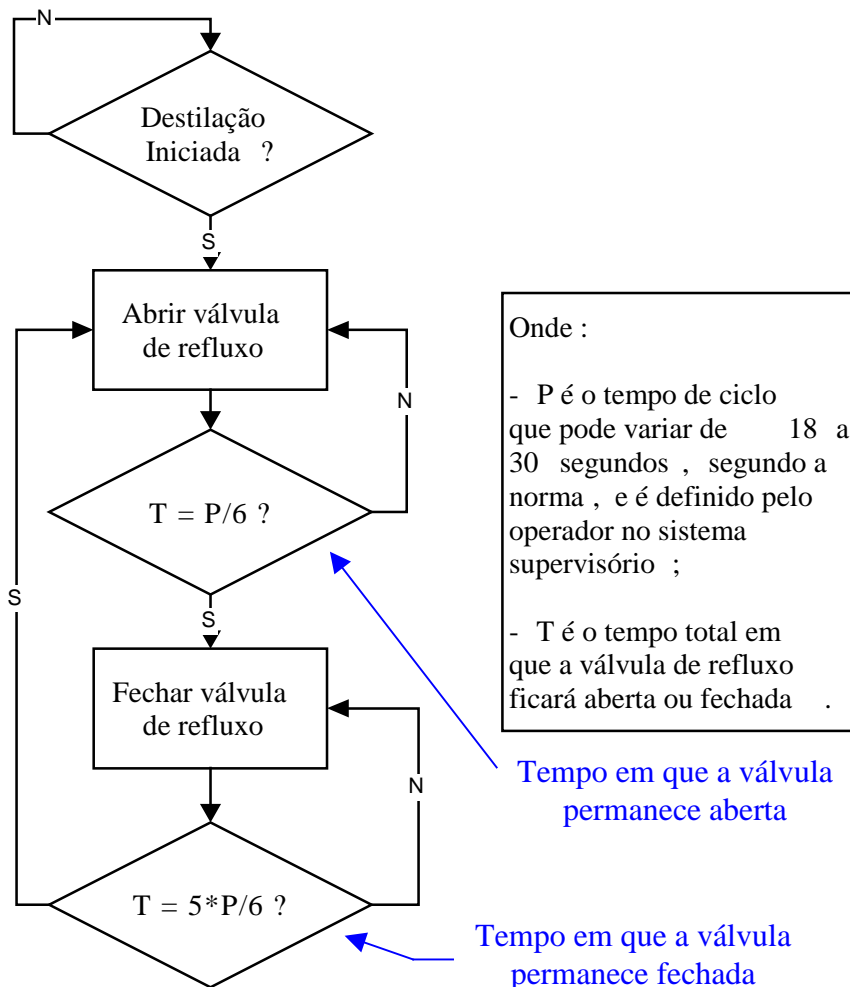


Figura III.4 – Fluxograma simplificado da lógica da etapa “Válvula de Refluxo”

É importante salientar que o tempo é zerado entre um ciclo e outro.

De posse desse esquema e utilizando a ferramenta de configuração do CLP LC700 da SMAR, essa etapa foi transcrita na linguagem ladder.

### III.2.1. Configuração das variáveis discretas reais e virtuais da etapa 01

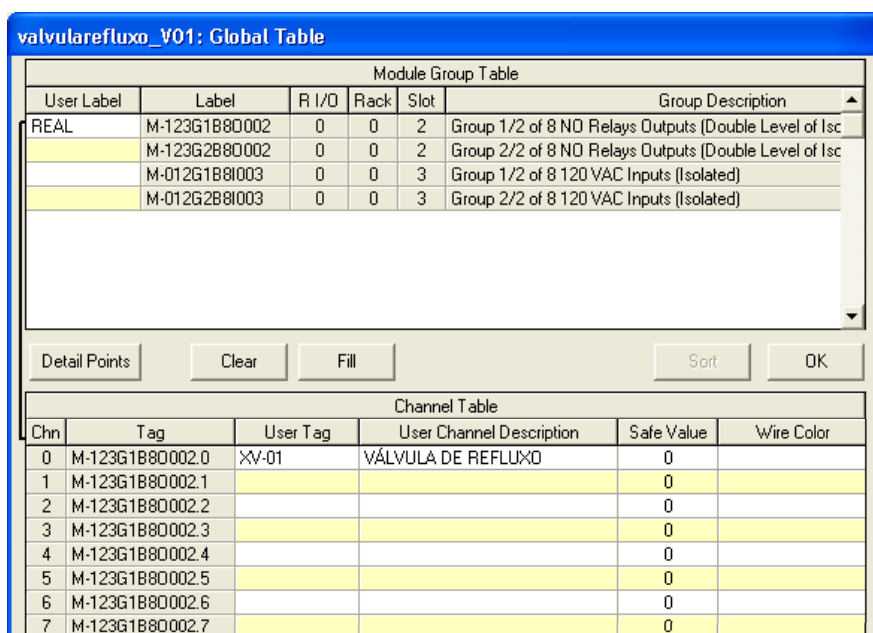
O passo seguinte à configuração dos cartões e à compreensão da lógica da etapa foi a configuração das variáveis discretas reais e virtuais.

Uma variável é real quando está associada fisicamente a uma entrada ou saída do cartão do CLP, e representa um elemento de campo. Já uma variável é dita virtual quando tem a função apenas de auxiliar no desencadeamento das ações que descrevem a seqüência da lógica, mas não representa um elemento físico e muito menos está associada a um canal de entrada/saída do CLP. Ela é uma variável interna e, assim como uma variável real, pode manter interação com o operador através da tela do computador.

Para a etapa “válvula de refluxo” (razão de refluxo 5:1 com ciclo de 18-30 segundos) foram configuradas 05 variáveis discretas, sendo 01 real e 04 virtuais.

*Tabela III.1 – Tabela das variáveis discretas reais e virtuais configuradas para etapa “Válvula de Refluxo”*

TAG	REAL / VIRTUAL	DESCRIÇÃO
XV_01	Real (saída)	Representa o status da válvula de refluxo.
FIM	Virtual	Variável criada apenas para finalizar uma linha.
AMXV-01	Virtual	Representa o modo de controle automático / manual da XV_01.
CMD_XV-01	Virtual	Botão de ação do operador para abrir/fechar a XV_01 quando seu status estiver em manual.
INI_DEST	Virtual	Indica início da destilação à pressão atmosférica.



*Figura III.5 – Tabela Global: Janela do software CONF700 mostrando a configuração da variável discreta real para etapa 01.*

Virtual Module Group Table			
User Label	Label	Group Description	
VIRTUAL	VM1BG1T111		

Channel Table			
Chn	Tag	User Tag	User Channel Description
0	VM1BG1T111.0	FIM	FINALIZA LINHA
1	VM1BG1T111.1	AMXV_01	AUTO/MANUAL DA VÁLVULA DE REFLUXO
2	VM1BG1T111.2	CMD_XV-01	COMANDO DO SISTEMA SUPERVISÓRIO
3	VM1BG1T111.3	INI_DEST	INDICA O INÍCIO DA DESTILAÇÃO A PRESSÃO ATMOSFÉRICA
4	VM1BG1T111.4		
5	VM1BG1T111.5		
6	VM1BG1T111.6		
7	VM1BG1T111.7		

Figura III.6 – Tabela Global Virtual: Janela do software CONF700 mostrando a configuração das variáveis discretas virtuais para a etapa 01.

### III.2.2. Configuração dos blocos de funções e das variáveis analógicas da etapa 01

Para escrever o ladder dessa etapa (figura III.7), além de configurar as variáveis discretas, houve a necessidade de configurar blocos de função e variáveis analógicas. São eles:

Tabela III.2 – Tabela descrição dos blocos funcionais usados no Ladder da etapa 01.

TAG BLOCO	TIPO	FUNÇÃO DO BLOCO
CTEXV1_1	ICT	Bloco utilizado para inserir até 03 constantes (valores inteiros) que serão utilizados no decorrer da lógica. O valor dessas constantes pode ser visualizado nas saídas chamadas OUT.
CALC_01 e CALC_02	MUL	Multiplica os valores presentes em todas as entradas IN's, gerando como resultado o valor da saída OUT.
CALC_03	DIV	Divide o valor da entrada IN1 pelo da IN2, obtendo como resultado o valor da saída OUT.
CALC_04	SUB	Subtrai o valor da entrada IN1 pelo da IN2, gerando como resultado o valor da saída OUT.
XV01CLOS e XV01OPEN	TON	É um temporizador. Conta um tempo quando a entrada IN é ativada. Esse tempo é um valor externo inserido na entrada chamada de PSV (ou pré-fixado internamente). Quando o tempo é atingido, a saída OUT passa a ser executada.

Tabela III.3 – Tabela das variáveis analógicas usadas no Ladder da etapa 01.

VARIÁVEL ANALÓGICA	FUNÇÃO
TEMPO_CICLO	Tempo do ciclo que varia de 18 a 30 e é configurado pelo operador na tela do sistema supervisão.
5	Constante utilizada para se calcular o tempo em que a válvula de refluxo permanece fechada
6	Constante utilizada para se calcular o tempo total de um ciclo completo
100	Constante utilizada em um bloco de multiplicação para transformar o tempo em segundos, pois o valor que entra no bloco do tipo TON para contabilizar o tempo que a válvula permanecerá aberta ou fechada é multiplicado por 0,01 ( <i>default</i> do bloco).
TEMP_PARCIAL	Resultado da multiplicação entre os valores do TEMPO_CICLO, 5 e 100
TEMP_TOTAL	Tempo total de um ciclo
TEMP_FECHADO	Tempo em que a válvula permanecerá fechada
TEMP_ABERTA	Tempo em que a válvula permanecerá aberta

### III.2.3 Ladder da etapa 01

Com todas as variáveis configuradas, pôde-se desenvolver a programação da etapa “Válvula de Refluxo” na linguagem ladder.

Com essa lógica, a seguinte regra é obedecida, conforme fluxograma descrito na figura III.4:

- ⇒ A lógica só é executada após ser verdade o “Início da destilação”;
- ⇒ O status da válvula de refluxo pode ser visualizado na tela do computador;
- ⇒ O operador pode colocar processo em auto ou manual através da tela gráfica;
- ⇒ Caso o processo esteja em automático, o operador não tem permissão para atuar na válvula de refluxo de modo a abri-la ou fechá-la pelo sistema supervisão
- ⇒ Caso o processo esteja em manual, o operador pode abrir ou fechar a válvula de refluxo por um simples toque de um botão na tela gráfica.
- ⇒ Quando o processo passa de automático para manual, a válvula de refluxo mantém o seu último status;
- ⇒ O operador é capaz de alterar, a partir da tela gráfica, o tempo de ciclo no momento em que desejar;
- ⇒ A válvula fica aberta ou fechada no tempo configurado;
- ⇒ O acompanhamento do status da válvula de refluxo pode ser feito através de um gráfico apresentado na tela do computador.

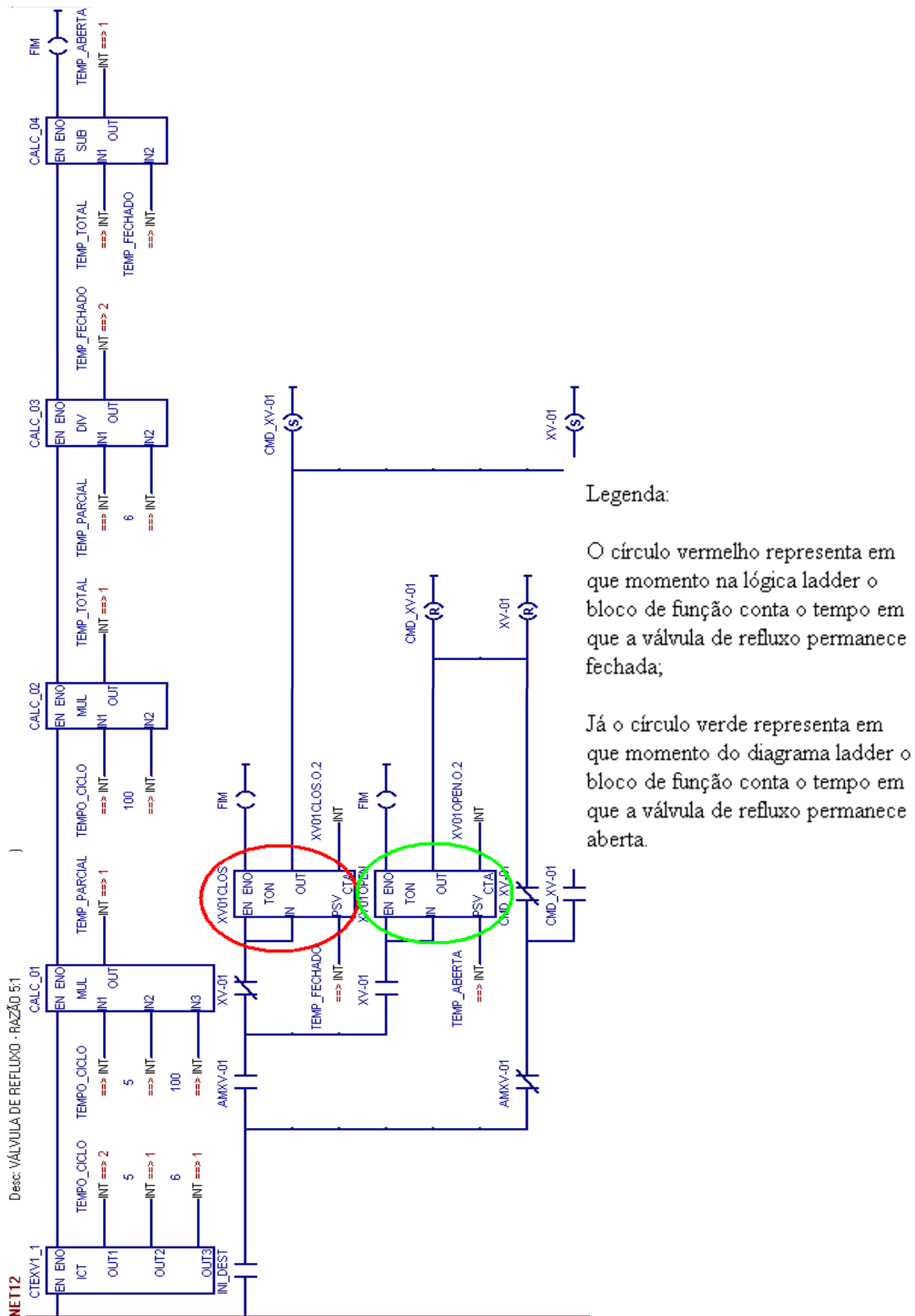


Figura III.7 – Lógica Ladder da etapa 01

O programa foi salvo e as entradas do CLP foram forçadas, sendo visualizadas através de uma tela gráfica desenvolvida no sistema supervisor.

### III.2.4 Tela gráfica da etapa 01

Paralelamente ao desenvolvimento da lógica ladder da etapa 01, estava sendo desenvolvida, por outros membros da equipe do projeto, a tela gráfica do sistema supervisorio para essa etapa e alguns testes puderam ser realizados. Veja a seguir a tela de funcionamento da válvula de refluxo (XV\_01).

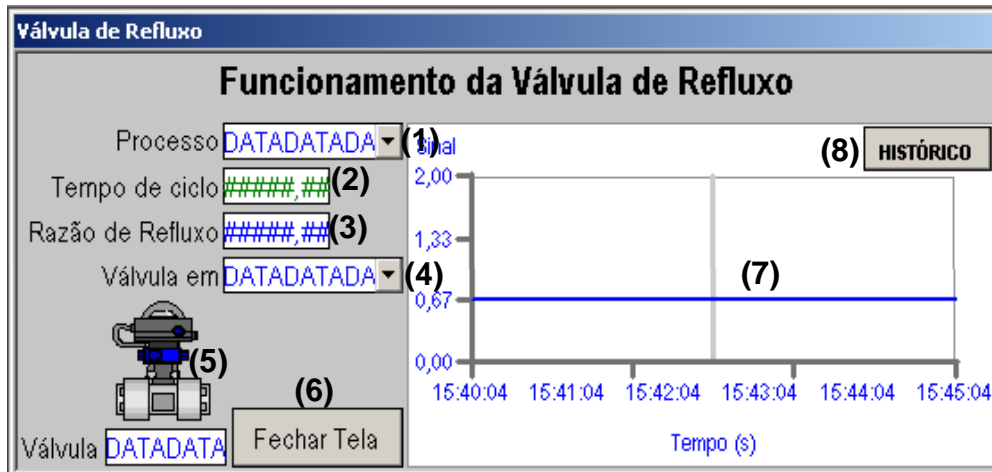


Figura III.8 – Tela do sistema supervisorio relativa ao funcionamento da XV\_01.

Descrição da tela:

(1) Variável que indica se a destilação está ativa podendo variar entre LIGADO ou DESLIGADO. Obs: Não é permitida a modificação pelo operador a partir dessa tela.

(2) Variável que indica o tempo total de ciclo da operação e varia entre 18 e 30s. Esse tempo influencia no tempo de abertura e fechamento da válvula de refluxo. Obs: Permite interação com o operador, pois o mesmo pode alterar esse tempo na tela;

(3) Variável apenas de informação ao operador. Obs: Não permite manipulação e possui um valor fixo de 5:1;

(4) Status do ciclo. Variável que permite interação com o operador e indica o modo de controle da válvula de refluxo, podendo ser AUTOMÁTICO ou MANUAL;

(5) Desenho representativo da válvula e animado conforme sua respectiva situação (ABERTA ou FECHADA, coloração vermelha ou verde respectivamente). Obs.: Permite a interação com o operador somente no caso de o STATUS do CICLO estar em MANUAL;

(6) Botão que fecha a tela de visualização da Válvula de Refluxo;

(7) Gráfico que monitora em tempo real o funcionamento da válvula de refluxo;

(8) Botão que permite alternar a visualização entre os gráficos histórico e em tempo real.

### ***III.3. Etapa 02: Seleção de processos***

De acordo com a norma ASTM D 2892, há basicamente quatro processos seqüenciais envolvidos na destilação do petróleo cru, que são: desbutanização, destilação a pressão atmosférica, destilação a 13,3 KPa (100 mmHg) e destilação a baixa pressão (entre 100 e 2 mmHg).

Durante o desenvolvimento da etapa 01 (Válvula de refluxo), viu-se a necessidade de criar uma lógica que acione o início da destilação a pressão atmosférica, sendo que o acionamento de qualquer um dos processos envolvidos na destilação do petróleo cru dependeria do término do processo anterior selecionado (com exceção do 1º processo a ser executado de acordo com a configuração inicial).

Baseado nisso, foi desenvolvida uma lógica em linguagem ladder que acione cada processo de acordo com o interesse do operador, segundo fluxograma simplificado a seguir (Figura III.9).

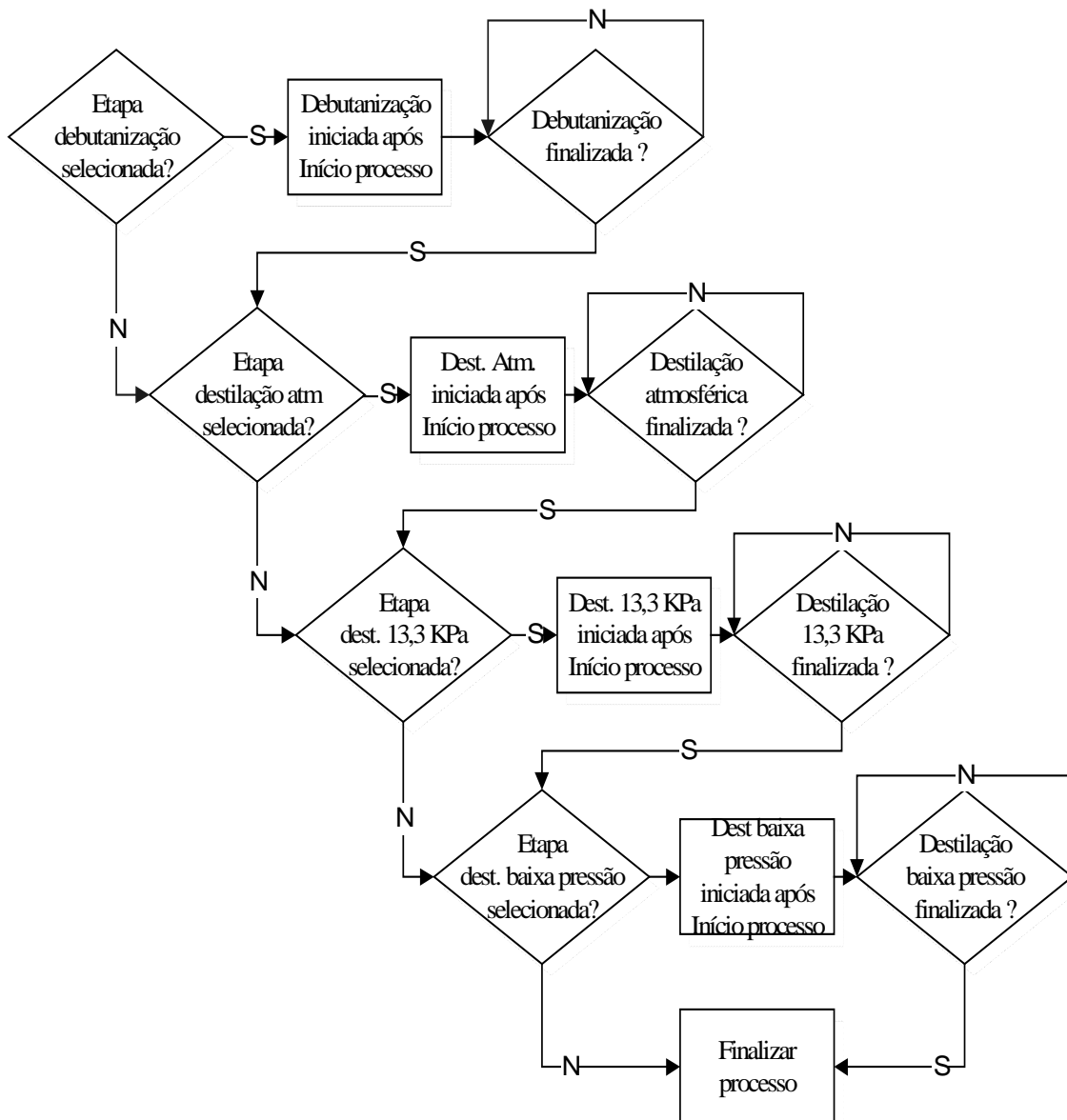


Figura III.9 – Fluxograma simplificado da lógica da etapa “Seleção de Processos”

### III.3.1. Configuração das variáveis discretas virtuais da etapa 02

Como já foi realizada a configuração dos cartões (módulos) anteriormente, não é necessário configurá-los novamente, passando para a configuração das variáveis discretas virtuais envolvidas nessa lógica.

Para a etapa “seleção de processos” foram criadas mais 12 variáveis discretas virtuais.



*Tabela III.4 – Tabela das variáveis discretas virtuais configuradas para etapa “Seleção de processos”*

<b>TAG</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
SEL_DESB	Botão de ação do operador para selecionar o processo de desbutanização quando desejar realizar
SEL_DEST	Botão de ação do operador para selecionar o processo de destilação a pressão atmosférica quando desejar realizar
SEL_DEST100	Botão de ação do operador para selecionar o processo de destilação a pressão de 13,3 KPa quando desejar realizar
SEL_DEST10	Botão de ação do operador para selecionar o processo de destilação a baixa pressão quando desejar realizar
INI_DESB	Indica início da desbutanização
INI_DEST	Indica o início da destilação a pressão atmosférica (foi criada na etapa 01)
INI_DEST100	Indica início da destilação a pressão de 13,3 KPa
INI_DEST10	Indica início da destilação a baixa pressão
FIM_DESBUT	Indica o fim da desbutanização
FIM_DEST	Indica o fim da destilação a pressão atmosférica
FIM_DEST100	Indica o fim da destilação a pressão de 13,3 KPa
FIM_DEST10	Indica o fim da destilação a baixa pressão
INI_PROC	Botão de ação utilizada pelo operador para iniciar o processo de destilação do petróleo cru.

**DEST ATM: Virtual Global Table**

Virtual Module Group Table			
User Label	Label	Group Description	
	VM1BG1T1I1		
	VM1BG1T1I2		
CHECKBOX	VM1BG1T1I3		
FIM_PROC	VM1BG1T1I4		
	VM1BG1T1I5		

Detail Points    Clear    Fill    Sort    OK

Channel Table			
Chn	Tag	User Tag	User Channel Description
0	VM1BG1T1I3.0	SEL_DESB	
1	VM1BG1T1I3.1	SEL_DEST	
2	VM1BG1T1I3.2	SEL_DEST100	
3	VM1BG1T1I3.3	SEL_DEST10	
4	VM1BG1T1I3.4	INI_DESB	
5	VM1BG1T1I3.5	INI_DEST	INICIO DA DESTILAÇÃO
6	VM1BG1T1I3.6	INI_DEST100	
7	VM1BG1T1I3.7	INI_DEST10	

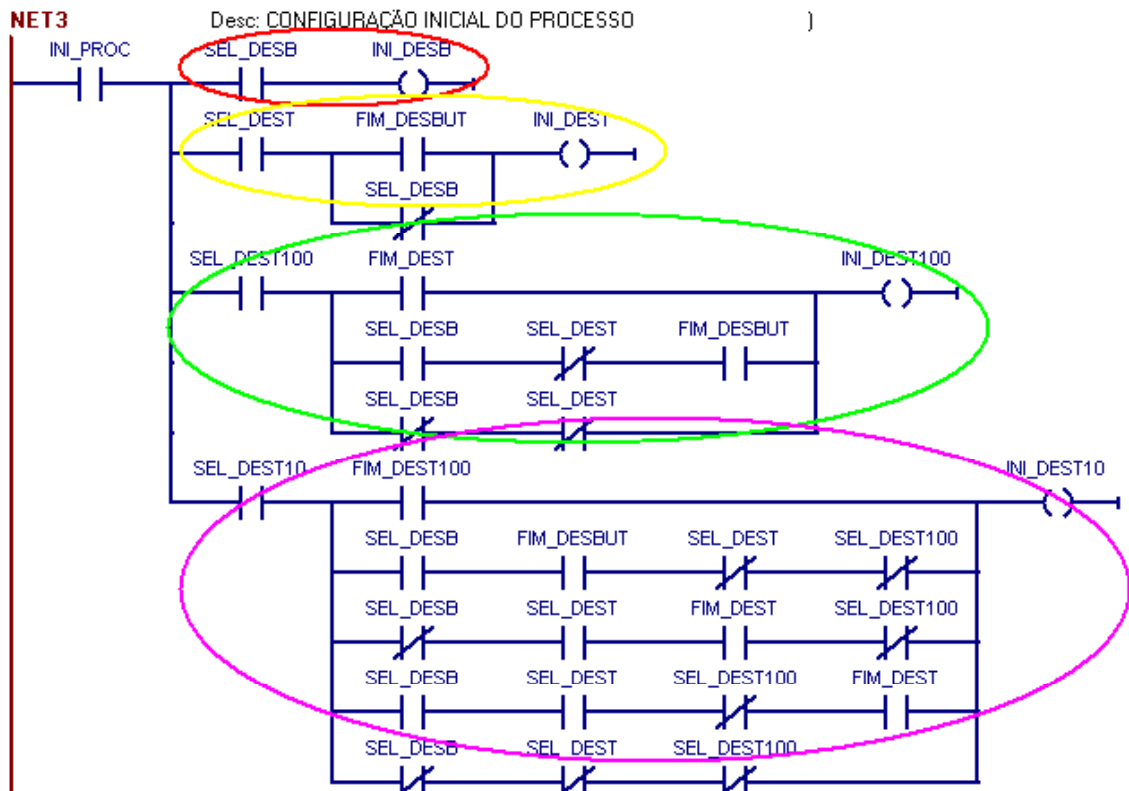
Chn	Tag	User Tag	User Channel Description
0	VM1BG1T1I4.0	FIM_DESBUT	
1	VM1BG1T1I4.1	FIM_DEST	
2	VM1BG1T1I4.2	FIM_DEST100	
3	VM1BG1T1I4.3	FIM_DEST10	
4	VM1BG1T1I4.4	INI_PROC	
5	VM1BG1T1I4.5		
6	VM1BG1T1I4.6		
7	VM1BG1T1I4.7		

*Figura III.10 – Tabela Global Virtual: Janela do software CONF700 mostrando a configuração das variáveis discretas virtuais para a etapa 02.*

Obs.: Para escrever essa etapa 02 na linguagem ladder, não foi necessário configurar os blocos de funções e as variáveis analógicas.

### **III.3.2. Ladder da etapa 02**

Com as variáveis configuradas, pôde-se desenvolver a programação da etapa “seleção de processos” em linguagem ladder. Veja a seguir a net (tela/espaco do CONF700 onde se desenvolve o diagrama Ladder) referente a essa etapa.



Legenda:

O círculo vermelho representa o início da etapa de desbutanização;

O círculo amarelo representa o início da destilação à pressão atmosférica;

Já o círculo verde representa o início da destilação a pressão de 13,3 KPa;

E o círculo lilás representa o início da destilação à baixa pressão.

Figura III.11 – Lógica Ladder da etapa 02

Com essa programação, é possível:

⇒ Configurar qualquer processo que se deseja efetuar na carga;

⇒ Realizar apenas um, dois, três ou todos os quatro processos (exemplo: efetuar apenas os processos desbutanização e destilação à pressão de 13,3 KPa);

E ainda fica definido que:

⇒ Ocorre um único processo por vez;

⇒ Os processos são obrigatoriamente sequenciais (exemplo: se as etapas desbutanização e destilação à pressão de 13,3 KPa foram selecionadas, a destilação à pressão de 13,3 KPa não será executada antes da desbutanização ser finalizada);

⇒ A seqüência obrigatória de execução de acordo com os processos selecionados pelo operador é desbutanização → destilação a pressão atmosférica (760 mmHg) → destilação a 13,3 KPa (100 mmHg) → destilação a baixa pressão (10 mmHg);

O programa foi salvo e o seqüenciamento lógico da “seleção de processos” foi posteriormente testado com visualização através de uma tela desenvolvida no sistema supervisorio.

### III.3.3. Tela gráfica da etapa 02

Paralelamente ao desenvolvimento da lógica ladder da etapa 02, foi desenvolvida, por outros membros da equipe do projeto, a tela do sistema supervisorio para essa etapa, e alguns testes puderam ser realizados.

Veja a seguir a tela correspondente à etapa 02.

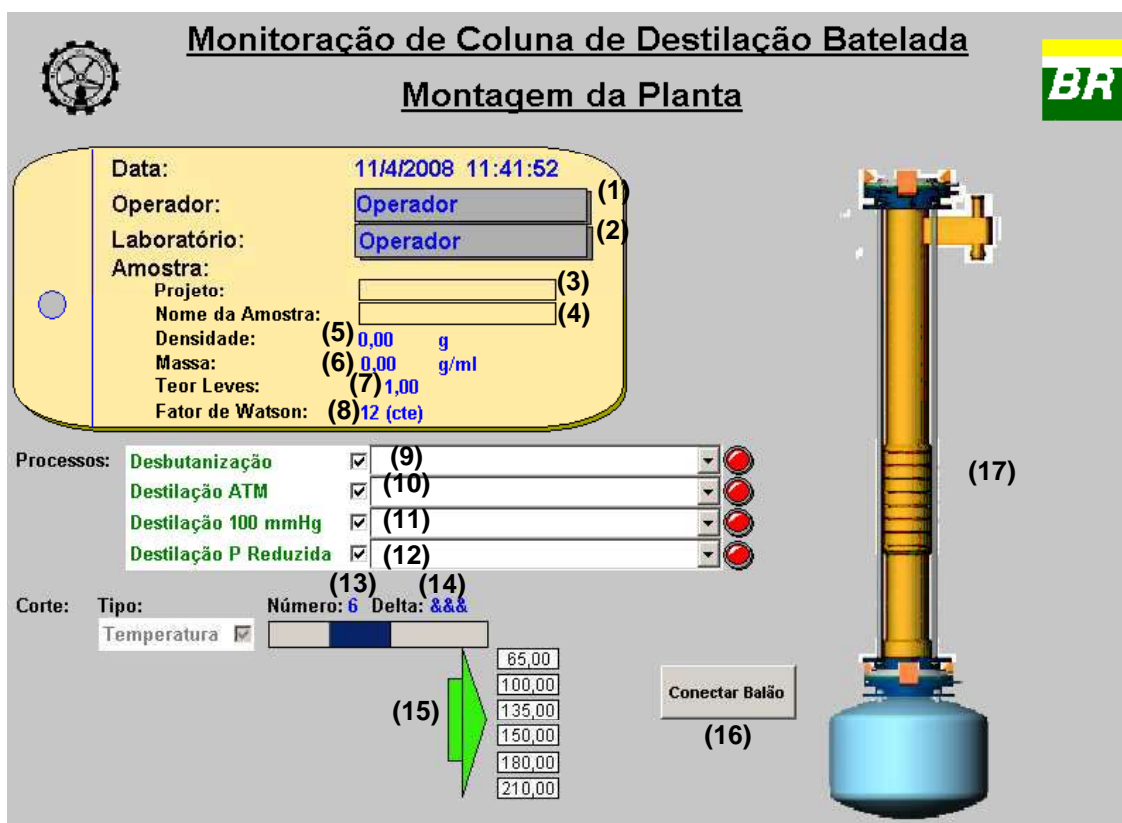


Figura III.12 – Tela gráfica relativa à configuração dos processos selecionados

Descrição da tela:

(1) e (2) Dados inseridos pelo operador que serão guardados para efeito de relatório;

(3) e (4) Dados inseridos pelo operador com as informações de identificação definidas para a amostra que será analisada;

(5), (6), (7) e (8) Dados inseridos pelo operador a partir da amostra a ser realizada e da conferência das propriedades referentes a tal amostra;

(9), (10), (11) e (12) Etapas selecionadas pelo operador indicando quais serão realizadas. As etapas são realizadas em seqüência e a posterior só começa com o fim da etapa anterior;

(13) Informação inserida pelo operador com o número de cortes necessários para a análise corrente;

(14) Informação inserida pelo operador com a variação de temperatura entre cortes;

(15) Temperatura dos cortes da análise corrente que pode ser calculada através dos campos de informações (13) e (14) ou modificados a critério do operador;

(16) Botão que irá executar o procedimento de montagem física do balão à coluna;

(17) Imagem da coluna animada que informará visualmente como está o procedimento de montagem da coluna para posterior funcionamento.

### ***III.3. Etapa 03: Destilação a pressão atmosférica***

Essa é a principal etapa a ser desenvolvida, pois é nela que há efetivamente a coleta de destilado na temperatura de corte desejada.

É importante ressaltar que o elemento de atuação que permite a coleta de destilado é a válvula de coleta, e inicialmente a idéia é que esta se abriria toda vez que a temperatura do corte fosse igual à temperatura de vapor de topo e houvesse recipiente para coleta, ou quando a válvula de coleta estivesse em manual e o operador desejar abri-la. Para todos os outros casos, a válvula de coleta deveria permanecer fechada.

Baseado nisso, foi desenvolvido um fluxograma simplificado do funcionamento da válvula de coleta, e este se encontra descrito a seguir.

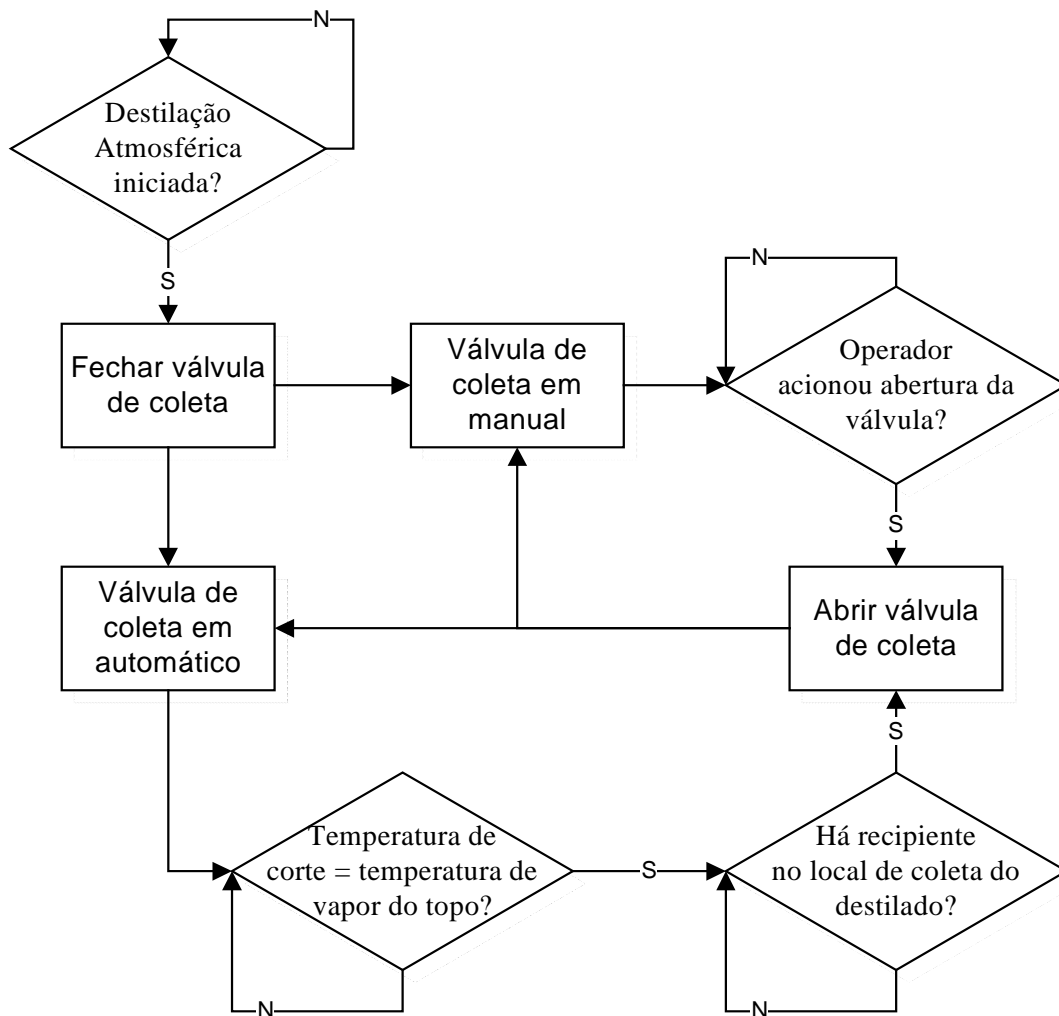


Figura III.13 – Fluxograma simplificado da lógica sequencial do funcionamento da Válvula de Coleta

Paralelamente, estava sendo desenvolvido pela equipe do Instituto de Matemática da UFRJ (IM / UFRJ), um sistema de imagem que foi denominado de Sistema de Monitoração (SM).

Esse sistema consiste em dois sensores em comunicação com o CLP, onde um será utilizado para detectar a queda da primeira gota e o outro para monitorar o nível de destilado no recipiente de coleta através da leitura do menisco durante os cortes da destilação.

A princípio, o SM funcionará da seguinte maneira:

⇒ O sensor de detecção da 1º gota envia um pulso quando uma imagem diferente da pré-estabelecida for capturada, indicando a ocorrência da primeira gota da etapa de destilação;

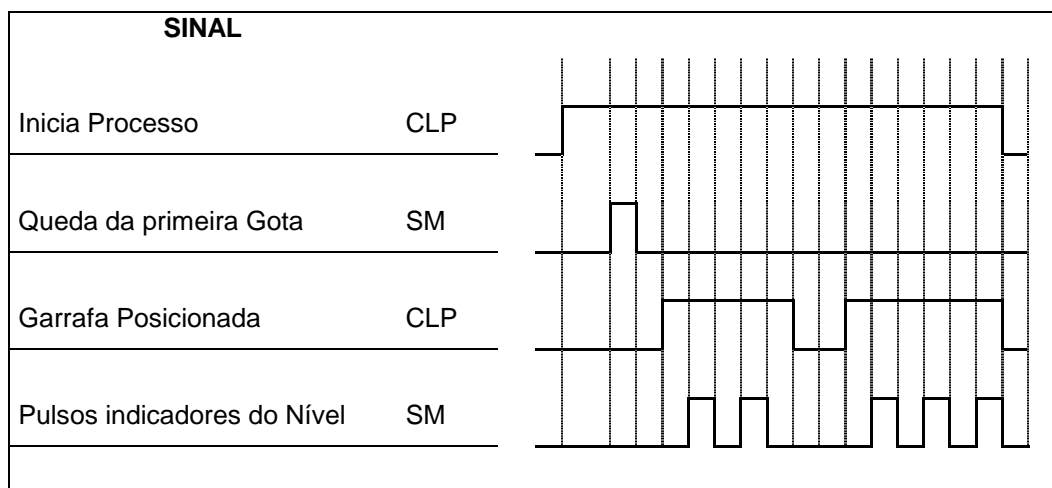
⇒ O sensor de detecção do menisco envia pulsos a cada certa altura pré-fixada (02 mm - sensibilidade do sensor de captura de imagem) do menisco do líquido contido na garrafa (recipiente de coleta de destilado);

⇒ O CLP deve enviar um sinal indicando que a garrafa está posicionada para que qualquer um dos sistemas de captura de imagem funcione;

⇒ O sensor da primeira gota pára de funcionar quando há efetivamente a primeira gota;

⇒ Já o sensor de detecção do menisco pára de funcionar quando o CLP envia um sinal indicando que a garrafa não está posicionada (a garrafa não posicionada ocorre quando se chegou ao final de um corte ou a garrafa está cheia e precisa ser trocada), tendo suas configurações reinicializadas quando voltar a funcionar.

Essas transferências de informações entre o SM e o CLP pode ser facilmente representada pela figura III.14.



*Figura III.14 – Intercâmbio de sinais CLP – Sistema de Monitoração (SM)*

Com a inclusão desse sistema de monitoração (SM), o fluxograma lógico simplificado inicial fica um pouco mais complexo do que o apresentado, pois se deve considerar a ocorrência ou não da queda da primeira gota após o início da destilação atmosférica.

### III.3.1. Configuração das variáveis discretas da etapa 03

Entendida a lógica da etapa e já tendo sido configurado os cartões do CLP, o passo seguinte foi configurar as variáveis discretas reais e virtuais relativas à etapa 03.

Para a etapa da destilação a pressão atmosférica, foram configuradas mais 05 variáveis discretas reais e criadas mais 08 variáveis discretas virtuais.

Tabela III.5 – Tabela das variáveis discretas reais e virtuais configuradas para etapa “Destilação à pressão atmosférica”

TAG	REAL / VIRTUAL	DESCRIÇÃO
XV_04	Real (saída)	Representa a válvula de coleta.
LIGSM	Real (saída)	Sinal enviado ao SM indicando se o processo de destilação está ativada ou não.
RECIPIENTE	Real (saída)	Sinal enviado pelo CLP ao SM indicando que o recipiente está posicionado e o procedimento de monitoração do nível pode prosseguir.
PULSO_IN	Real (entrada)	Pulso que virá do SM a cada 2 mm de altura atingida na garrafa.
PULSO_GOTA	Real (entrada)	Pulso que virá do Sistema de Monitoração indicando que a 1º gota caiu
AMXV-04	Virtual	Representa o automático / manual da XV_04.
CMD_XV-04	Virtual	Botão de ação do operador para abrir/fechar a XV_04 quando seu status estiver em manual.
BT_GARRAFA	Virtual	Indica se a garrafa está posicionada e pronta para receber destilado. Manda “0” pela seqüência da lógica, passando a mandar “1” quando o operador aciona o botão de OK (garrafa pronta) pelo sistema supervisorio.
TROCA_GARRAFA	Virtual	Simulador de pulso no bloco de função, indicando se há necessidade de trocar garrafa.
ALM_VOL	Virtual	Alarme indicativo que o volume máximo da garrafa foi atingido
MONITORA	Virtual	Representa o SM e foi criada para garantir que a monitoração do nível só funcione quando estiver realmente na temperatura de corte.
FIM_CORTE	Virtual	Indica que algum corte foi finalizado (começa a lógica mandando 1)
FIM_GOTA	Virtual	Indica que a 1º gota ocorreu. Inicialmente manda “0” e depois da 1º gota manda “1”.



**DEST: Global Table**

Module Group Table					
User Label	Label	R I/O	Rack	Slot	Group Description
SAIDAS	M-123G1B80002	0	0	2	Group 1/2 of 8 NO Relays Outputs (Double Level of Isc
	M-123G2B80002	0	0	2	Group 2/2 of 8 NO Relays Outputs (Double Level of Isc
PULSO	M-012G1B81003	0	0	3	Group 1/2 of 8 120 VAC Inputs (Isolated)
	M-012G2B81003	0	0	3	Group 2/2 of 8 120 VAC Inputs (Isolated)

Detail Points:

Channel Table					
Chn	Tag	User Tag	User Channel Description	Safe Value	Wire Color
0	M-123G1B80002.0			0	
1	M-123G1B80002.1	XV_04	VALVULA DE COLETA	0	
2	M-123G1B80002.2			0	
3	M-123G1B80002.3	XV_01	VALVULA DE REFLUXO	0	
4	M-123G1B80002.4			0	
5	M-123G1B80002.5			0	
6	M-123G1B80002.6	RECIPIENTE	RECIPIENTE POSICIONADO	0	
7	M-123G1B80002.7	LIGSM	LIGA SISTEMA DE	0	

Channel Table					
Chn	Tag	User Tag	User Channel Description	Wire Color	
0	M-012G1B81003.0	PULSO_IN	PULSO DO NÍVEL		
1	M-012G1B81003.1				
2	M-012G1B81003.2	PULSO_GOTA	PULSO DA PRIMEIRA GOTA		
3	M-012G1B81003.3				
4	M-012G1B81003.4				
5	M-012G1B81003.5				
6	M-012G1B81003.6				
7	M-012G1B81003.7				

Figura III.15 – Tabela Global: Janela do software CONF700 mostrando a configuração das variáveis discretas reais para etapa 03.

**DEST: Virtual Global Table**

Virtual Module Group Table		
User Label	Label	Group Description
AUXILIAR	VM1BG1T111	
AUX2	VM1BG1T112	
CHECKBOX	VM1BG1T113	
FIM_PROC	VM1BG1T114	
	VM1BG1T115	

Detail Points:

Channel Table		
Tag	User Tag	User Channel Description
VM1BG1T111.0	FIM	FINALIZA UMA LINHA
VM1BG1T111.1	CMD_XV-01	COMANDO DO SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA ABRIR/FECHAR
VM1BG1T111.2	BT_GARRAFA	INDICA QUE A GARRAFA ESTÁ OK
VM1BG1T111.3	FIM_CORTE	INDICA FIM DE CORTE
VM1BG1T111.4	MONITORA	INDICA QUE UM CORTE ESTÁ ACONTECENDO
VM1BG1T111.5	ALM_VOL	ALARME INDICA QUE O RECIPIENTE DE COLETA ENCHEU
VM1BG1T111.6	TROCA_G	INDICA NECESSIDADE OU NÃO DE TROCAR GARRAFA
VM1BG1T111.7	FIM_GOTA	INDICA QUE A PRIMEIRA GOTA JÁ CAIU

Channel Table		
Tag	User Tag	User Channel Description
VM1BG1T112.0	AMXV-01	AUTO/MANUAL DA VÁLVULA DE REFLUXO
VM1BG1T112.1	AMXV-04	AUTO/MANUAL DA VÁLVULA DE COLETA
VM1BG1T112.2	CMD_XV-04	COMANDO DO SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA ABRIR/FECHAR
VM1BG1T112.3		
VM1BG1T112.4		
VM1BG1T112.5		
VM1BG1T112.6		
VM1BG1T112.7		

Figura III.16 – Tabela Global Virtual: Janela do software CONF700 mostrando a configuração das variáveis discretas virtuais para etapa 03.

### III.3.2. Configuração dos blocos de funções e das variáveis analógicas da etapa 03

Para escrever o ladder dessa etapa (figuras III.17 e III.18) , além de configurar as variáveis discretas, houve a necessidade de configurar blocos de função e variáveis analógicas. São eles:

Tabela III.6 – Tabela de descrição dos blocos de função usados no Ladder da etapa 03

TAG BLOCO	TIPO	FUNÇÃO
CORTES01 CORTES02 TQ_VAP	ICT	Bloco utilizado para inserir até 03 constantes (valores inteiros) que serão utilizados no decorrer da lógica. Esse valor pode ser visualizado nas saídas OUTs
CNT_CORT ZERA_BTG ALTURA CNT_GARR	CTU	Bloco que conta o número de vezes em que a entrada IN é ativada. Esse valor é mostrado na saída CTA. Quando se atinge um determinado número (número este definido internamente ou externamente através da entrada PSV), a saída OUT é acionada. A quantidade de ativações na entrada IN é zerada quando a entrada RST é acionada.
SEL_CORT	MUX	Bloco que seleciona uma das entradas INs de acordo com o valor da entrada SEL. Por exemplo: se o valor de SEL for 0, a entrada IN1 é selecionada, e assim sucessivamente. O valor da entrada selecionada é enviado para a saída OUT.
CMP_CORTE	EQ	Bloco que compara o valor das entradas INs. Quando o valor de IN1 for igual ao valor de IN2 +/- um desvio (pré-fixado internamente), a saída OUT passa a ser verdadeira.
ACUM_PULS	SUB	Subtrai o valor da entrada IN1 pelo da IN2, gerando como resultado o valor da saída OUT.
ADD_PULS	ADD	Adiciona os valores das entradas INs, gerando como resultado o valor da saída OUT
N_G_NP_X	MUL	Multiplica os valores presentes em todas as entradas IN's, gerando como resultado o valor da saída OUT

Obs<sub>1</sub>: O bloco ZERA\_BTG mostra a ocorrência de um pulso quando o fim de corte é atingido.

Obs<sub>2</sub>: O bloco ALTURA contabiliza o número de pulsos no controle do nível para uma garrafa.

Obs<sub>3</sub>: O bloco CNT\_GARR contabiliza o número de garrafas utilizadas em um mesmo corte.

Obs<sub>4</sub>: o número pré-fixado internamente no bloco CNT\_CORT representa o número máximo de cortes desejado pelo operador (até 06). Esse valor é determinado ainda durante a seleção dos processos e é configurado pela tela do sistema supervisor.

Obs<sub>5</sub>: O valor pré-fixado internamente do desvio no bloco CMP\_CORTE é, atualmente, igual a 1 (um), podendo ser alterado conforme o desejado.

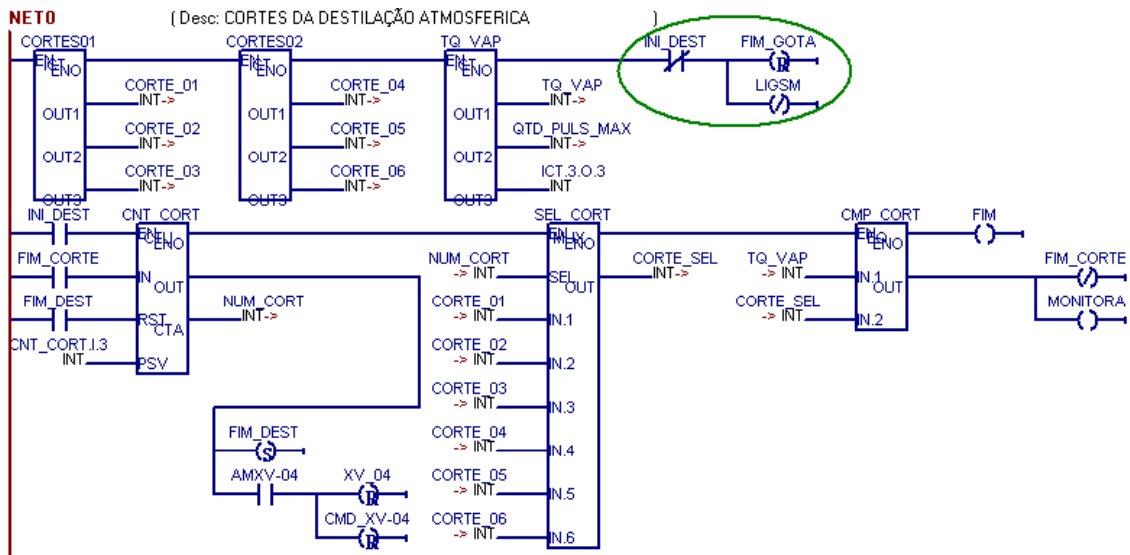
*Tabela III.7 – Tabela as variáveis analógicas usadas no Ladder da etapa 03*

<b>VARIÁVEL ANALÓGICA</b>	<b>FUNÇÃO</b>
CORTE_01 ao CORTE_06	Temperatura na qual o corte é realizado
TQ_VAP	Temperatura de vapor do topo. Informação que virá do campo.
QTD_PULS_MAX	Quantidade máxima de pulso que pode ocorrer de modo que a garrafa não transborde.
NUM_CORT	Valor obtido na saída chamada CTA do bloco CNT_CORT. Esse valor indica em que corte a destilação está no momento.
CORTE_SEL	Valor obtido na saída chamada OUT do bloco SEL_CORT. Esse valor indica qual a próxima (ou atual) temperatura de corte que será comparada à TQ_VAP.
NUM_PULSOS	Valor obtido na saída chamada CTA do bloco ALTURA. Esse valor indica o número de pulsos dados na garrafa atual.
NUM_GARRAFA	Valor obtido na saída chamada CTA do bloco CNT_GARR. Esse valor indica em que número de garrafas está sendo coletado o destilado, em um mesmo corte.
QTD_PULS PULSOS_DADOS	Valores obtidos nas saídas chamadas CTA dos blocos N_G_NP_X e ADD_PULS, respectivamente. São resultados intermediários de operações matemáticas para se calcular o nº de pulsos acumulados em um mesmo corte, com várias garrafas utilizadas durante esse mesmo corte.
PULS_ACUM_CT	Valor obtido na saída chamada OUT do bloco ACUM_PULS. É o resultado da subtração entre os valores das variáveis PULSOS_DADOS e QTD_PULS_MAX, e representa o nº de pulsos acumulados de um mesmo corte, mesmo tendo sido utilizadas várias garrafas. Esse valor é utilizado no sistema supervisorio para se calcular o volume de destilado coletado em um mesmo corte.

Obs<sub>5</sub>: A variável TQ\_VAP será uma variável real e configurada desde o processo da debutanização, cujo valor virá do campo. Ela foi criada aqui apenas para efeito de teste.

### **III.3.3. Ladder da etapa 03**

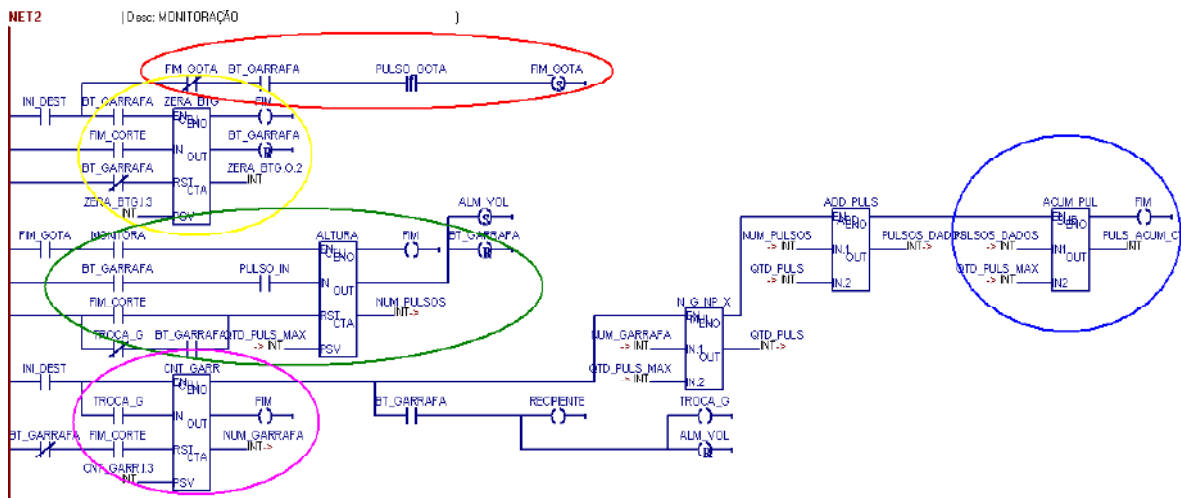
Com as variáveis configuradas, pôde-se desenvolver a etapa “destilação à pressão atmosférica” na linguagem ladder. Veja abaixo as nets referentes a essa etapa.



Legenda:

O círculo verde destaca a parte da lógica em que não há comunicação entre o SM e o CLP quando a destilação à pressão atmosférica não estiver ocorrendo.

Figura III.17 – Lógica Ladder da etapa 03: Cortes da destilação à pressão atmosférica



Legenda:

O círculo amarelo representa a parte da lógica em que há passagem do fim do corte por simples mudança de temperatura, sem necessariamente ter atingido o volume máximo da garrafa. Essa passagem manda o BT\_GARRAFA para "0", levando informação ao SM de que o recipiente não está OK.

O círculo verde representa em que local da lógica mostra a necessidade de troca de garrafa sem ter terminado o corte. O bloco de funções contador ALTURA manda a saída OUT para “1” quando o número máximo de pulsos permitido for atingido (ALTURA.PSV), disparando o alarme de que a garrafa está no seu volume máximo de segurança e a mesma não está mais OK.

O círculo violeta representa a parte da lógica que contabiliza o nº de garrafas em um determinado corte (saída CTA do bloco de funções CNT\_GARR).

Já o círculo azul representa o momento em que o número de pulsos acumulados em um determinado corte é contabilizado (resultado OUT do bloco de subtração ACUM\_PULS).

E o círculo vermelho mostra onde há a informação da ocorrência da primeira gota.

*Figura III.18 – Lógica Ladder da etapa 03: Sistema de Monitoração – Sensores de captura de imagem*

Obs<sub>6</sub>: A garrafa deverá ser substituída sempre que mudar de corte ou sempre que ela atingir seu volume máximo (mais de uma garrafa utilizada para o mesmo corte). Ela não será substituída quando houver a primeira gota.

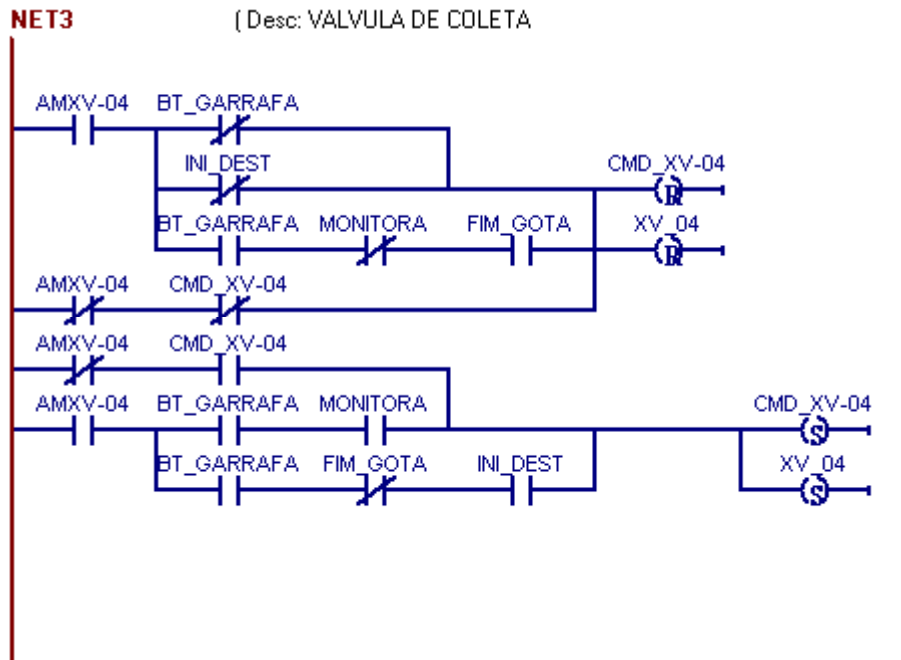
O cálculo do volume está sendo efetuado no sistema supervisor, da seguinte maneira:

$$V_{\text{garrafa}} = \pi * \text{altura} * \text{raio}^2, \text{ onde: altura} = \text{n}^\circ \text{ pulsos} * 2\text{mm}$$

$$V_{\text{corte}} = \pi * \text{altura} * \text{raio}^2, \text{ onde: altura} = \text{n}^\circ \text{ pulsos acumulados} * 2\text{mm}$$

Obs<sub>7</sub>: Dimensões da garrafa a priori: 5,1 cm de raio e 13,0 cm de altura. Sendo 02 mm de altura detectáveis pelo sensor de captura de imagem, resulta em uma quantidade máxima de pulso por garrafa (QTD\_PULS\_MAX) igual a 65, sendo utilizado na lógica um valor de 60 pulsos por medida de segurança.

É importante salientar que essas frações de volume coletadas são medidas no processo porque é através delas que se calcula o rendimento percentual em volume da destilação. Esse rendimento é utilizado, juntamente com outros dados obtidos como temperatura, para gerar a curva PEV.



*Figura III.19 – Lógica Ladder da etapa 03: Válvula de coleta*

### ***III.3.4. Tela gráfica da etapa 03***

Paralelamente ao desenvolvimento da lógica ladder da etapa 03, foi desenvolvida, pela equipe do projeto, a tela do sistema supervisorio para essa etapa, e alguns testes puderam ser realizados. Veja a seguir a tela correspondente à etapa 03.

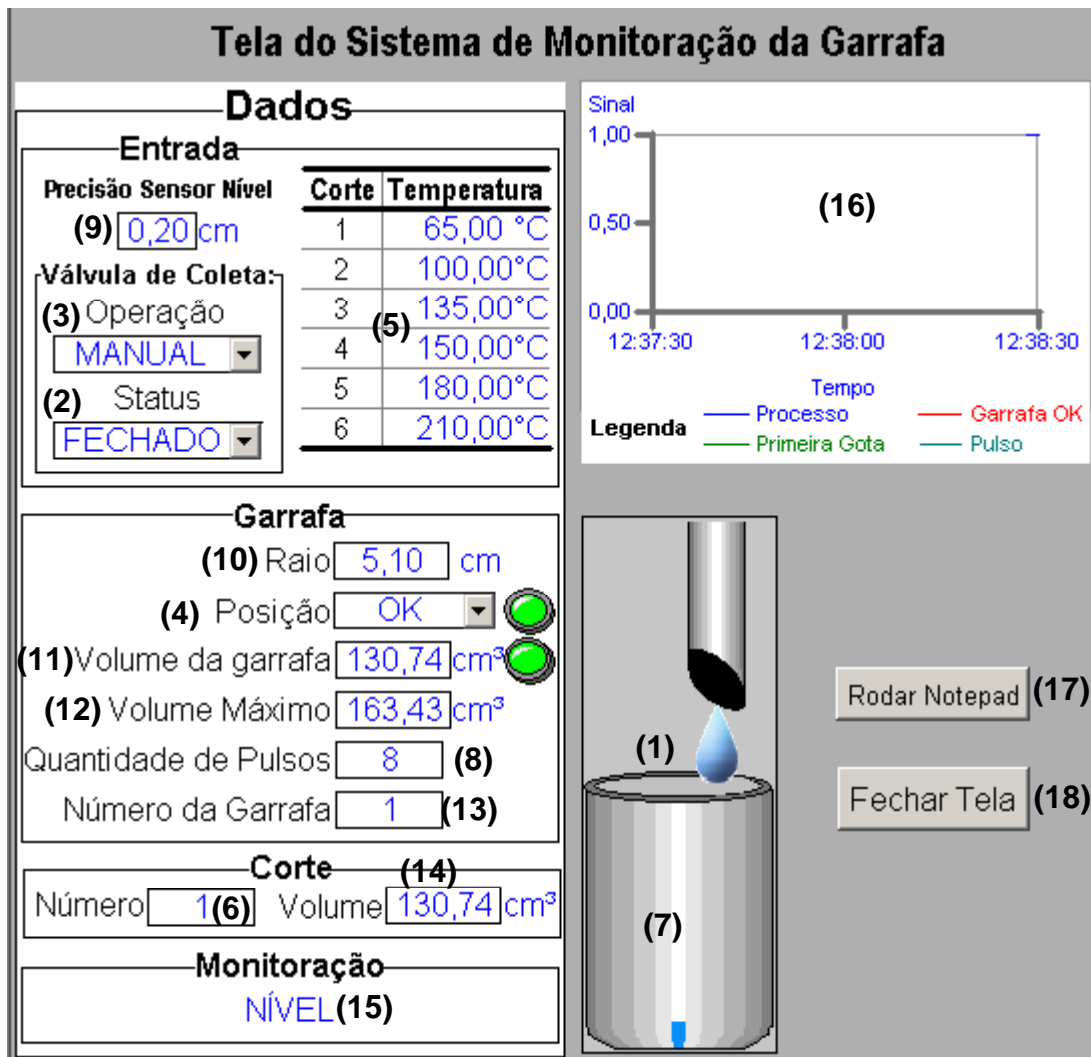


Figura III.20 – Tela do sistema supervisorio relativa aos sensores de captura de imagem e válvula de coleta.

Descrição da tela:

- (1) Indica a ocorrência da primeira gota (endereço: FIM\_GOTA);
- (2) Texto que indica se a válvula de coleta está na posição aberta ou fechada. A seta ao lado do texto permite que o operador altere esta posição caso o status do processo esteja em manual;
- (3) Texto que indica se a válvula está operando em Manual ou Automático. A seta ao lado do texto permite que o operador altere o modo de operação;
- (4) Texto que indica se a posição da garrafa está OK ou Não OK. A seta ao lado permite que o operador mude a posição da garrafa para OK quando a mesma não estiver;
- (5) Entrada das temperaturas dos cortes desejados (CORTE\_01 ao CORTE\_06);
- (6) Indica em que corte a destilação está. Campo apenas de leitura;

- (7) Barra animada que indica o volume atual da garrafa além de piscar em alarme quando o volume máximo for atingido;
- (8) Indica a quantidade de pulsos decorrentes da variação do nível;
- (9) Indica a precisão do sensor de nível e pode ser modificado pelo operador;
- (10) Indica o raio da garrafa e pode ser modificado pelo operador;
- (11) Indica o volume da garrafa atual (conta feita pelo sistema supervisorio, buscando na lógica Ladder apenas o nº de pulsos já dados na garrafa atual);
- (12) Indica o volume máximo que uma garrafa comporta (esse valor é determinado através de uma conta feita pelo sistema supervisorio, buscando na lógica Ladder a quantidade de pulsos máximos seguros que uma garrafa suporta – QTD\_PULS\_MAX);
- (13) Indica em que número de garrafas o mesmo corte está;
- (14) Indica o volume total do corte (conta feita pelo sistema supervisorio, buscando na lógica Ladder a quantidade de pulsos acumulados no corte);
- (15) Indica qual etapa está sendo monitorada. Pode assumir os valores: Desligada (quando LIGSM manda “0”), Gota (quando FIM\_GOTA manda “0”) ou Nível (quando RECIPIENTE manda 1).
- (16) Gráfico que mostra em tempo real a mudança das variáveis (Processo, Garrafa OK, Primeira Gota e Pulso) que estão contidas nele.
- (17) Botão que futuramente irá rodar um programa para ajustar parâmetros do Sistema de Monitoração de Nível.
- (18) Botão que fecha a tela.



## Capítulo IV – Resultados e Discussão

Desenvolvidas as lógicas pertinentes ao processo de destilação atmosférica na linguagem ladder e as telas do sistema supervisorio, o passo seguinte foi testar a lógica e a comunicação entre CLP e sistema supervisorio.

Antes desse teste, todas as variáveis criadas no sistema supervisorio foram endereçadas de acordo com os endereços Modbus do LC700. Esse endereçamento correto é que garante uma boa comunicação entre o sistema supervisorio e o CLP. Entende-se por boa comunicação entre CLP e Sistema Supervisorio quando toda ação que for feita na tela do computador tenha a sua ação desejada ocorrida na lógica ladder, assim como toda informação da lógica para a tela do computador esteja sendo visualizada do lugar correto. Fisicamente, essa troca de informações é possível através de uma porta de serial do computador conectada ao CLP.

A seguir, são mostrados os procedimentos dos testes simulados do sistema configurado, bem como os resultados individuais obtidos no CLP e no sistema supervisorio, apesar das ações ocorrerem simultaneamente.

### ***IV.1. Teste da etapa “Seleção de Processo”***

Primeiramente é mostrado o procedimento que foi utilizado para se testar essa etapa, e posteriormente os resultados obtidos com esse teste, bem como uma discussão desses resultados.

#### ***IV.1.1. Procedimento para a realização do teste da etapa “Seleção de Processo”***

1° - Conectar o CLP ao computador onde está instalada a configuração do sistema supervisorio através de uma porta serial;

2° - Após abrir o programa do sistema supervisorio onde foram criadas as telas do processo, clicar no botão SINÓTICO, de modo a aparecer a tela sinótico do processo;

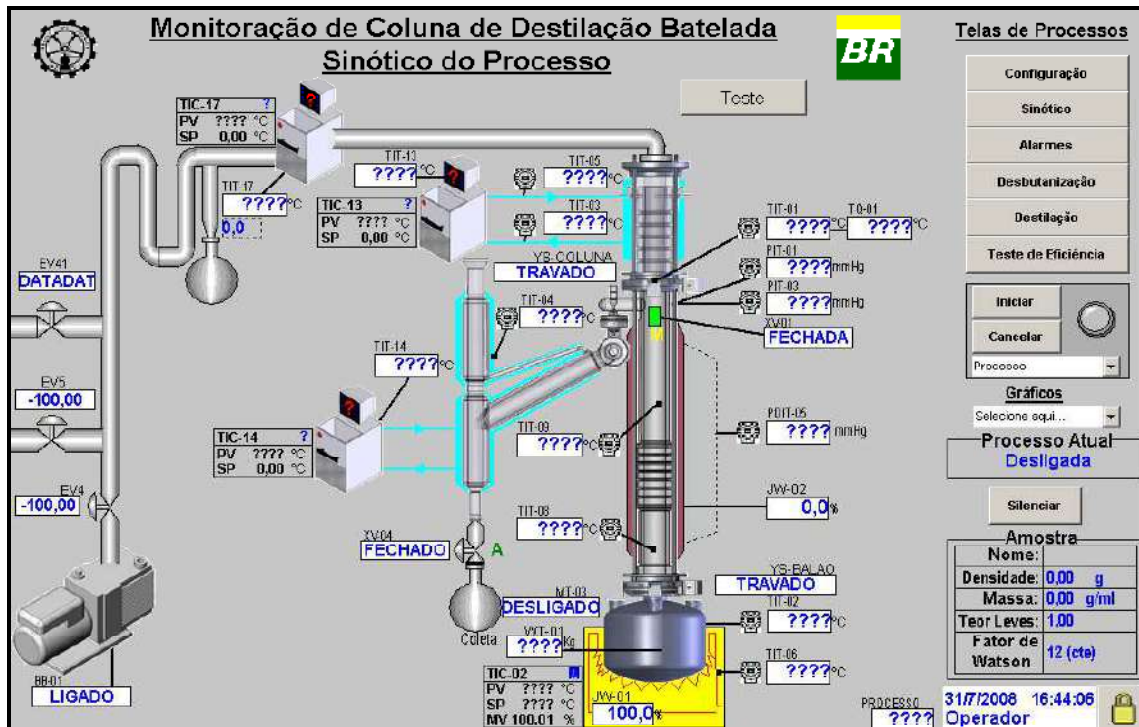


Figura IV.1 - Tela do Sistema Supervisório: Sinótico do Processo

3º - Clicar no botão CONFIGURAÇÃO localizado a direita da tela. Essa é a tela utilizada para selecionar e configurar as etapas desejadas (desbutanização, destilação à pressão atmosférica, destilação à pressão de 13,3 KPa e a destilação a baixas pressões);

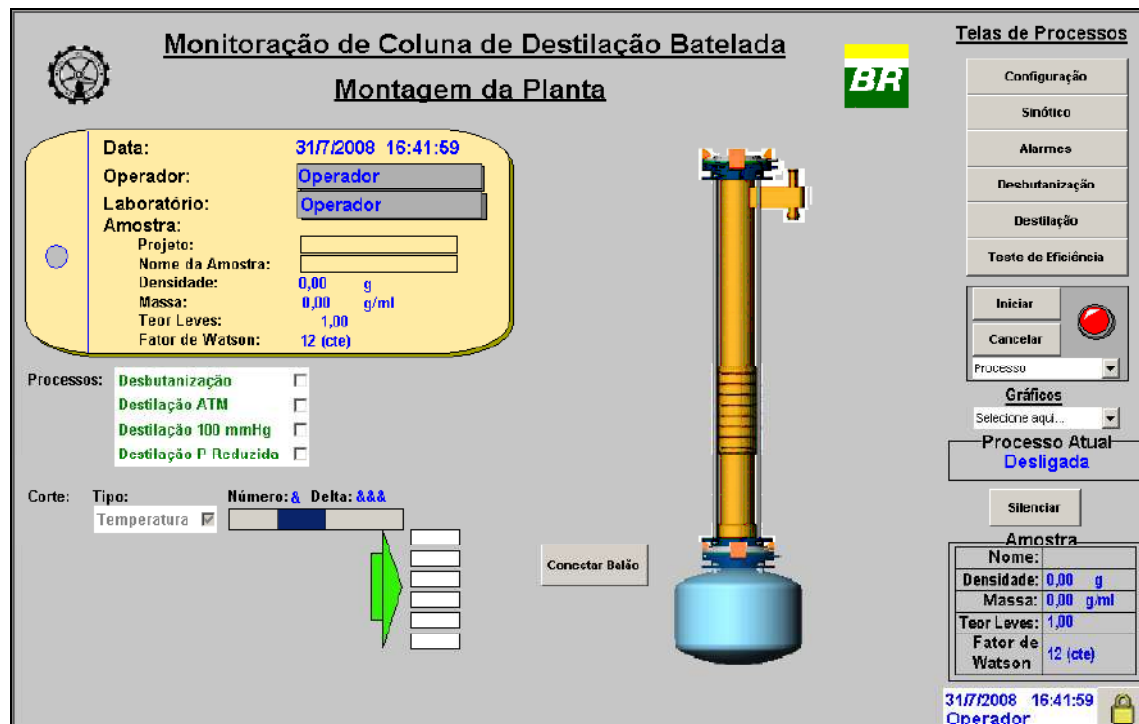


Figura IV.2 - Tela do Sistema Supervisório: Configuração das etapas

- 4° - Selecionar o processo DESTILAÇÃO ATM;
- 5° - Entrar com o número de cortes desejados. Por exemplo, 06 cortes;
- 6° - Inserir as temperaturas de corte desejadas em ordem crescente. Por exemplo 6 corte com temperaturas iguais a 65°C, 100 °C, 135°C, 150°C, 180°C e 210°C;
- 7° - Clicar no botão INICIAR localizado a direita da tela.

#### IV.1.2. Resultados do teste da etapa “Seleção de Processo”

Sempre que for visualizar na tela do CONF700 do CLP os resultados das ações realizadas no sistema supervisorio, é necessário desabilitar a comunicação do sistema supervisorio para não haver conflito entre os softwares, já que eles utilizam a mesma porta serial.

Conforme apresentado na figura IV.3, a linha amarela representa a lógica executada após as ações realizadas na tela do sistema supervisorio. Pode-se observar que as variáveis INI\_PROC e SEL\_DEST (acionado pelo botão INICIAR e pela opção DESTILAÇÃO ATM selecionada, respectivamente, na tela de configuração do sistema supervisorio) foram efetivamente ativadas. A variável SEL\_DESB (opção DESBUTANIZAÇÃO não selecionada na tela de configuração) não foi habilitada, conforme esperado. O funcionamento dessa lógica comprova que a variável INI\_DEST foi acionada, permitindo o início da destilação a pressão atmosférica.

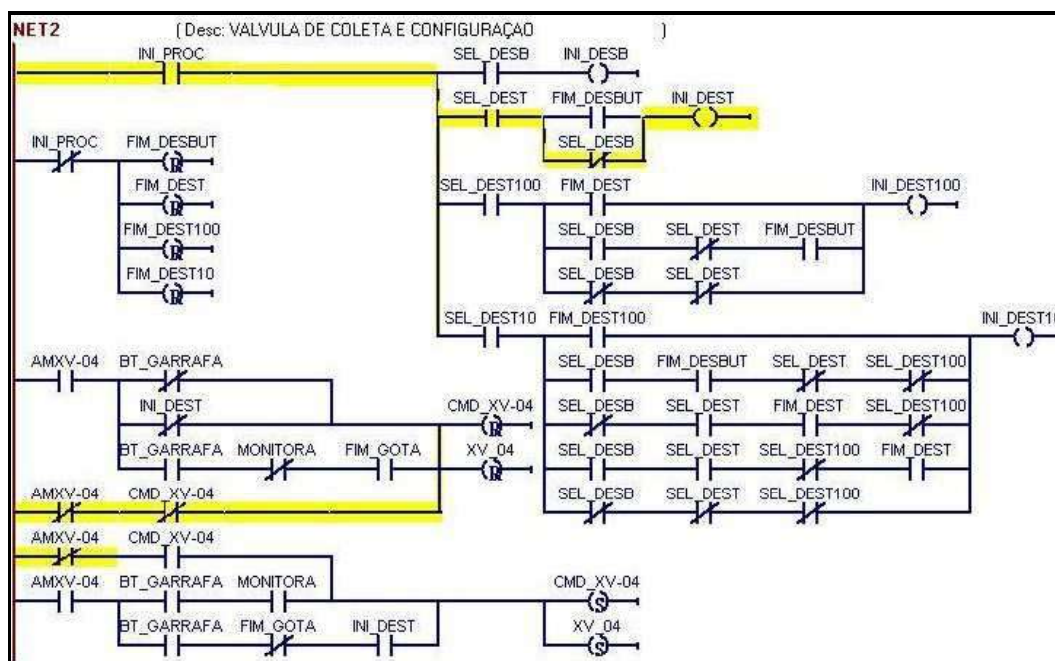


Figura IV.3 - Tela do CONF700 do CLP com a visualização dos resultados da etapa “Seleção de Etapas”.

Já na figura IV.4, pode-se verificar os resultados obtidos na tela do sistema supervisorio após as ações realizadas para o teste da etapa “Seleção de Processos”.

Repare que a opção DESTILAÇÃO ATM está selecionada, o número de cortes definido (Número: 6), inseridas as temperaturas de corte desejadas e iniciado o processo (círculo do lado direito está verde), bem como a etapa de destilação a pressão atmosférica (Processo atual mostra Destilação ATM). Todos estes resultados obtidos eram esperados.

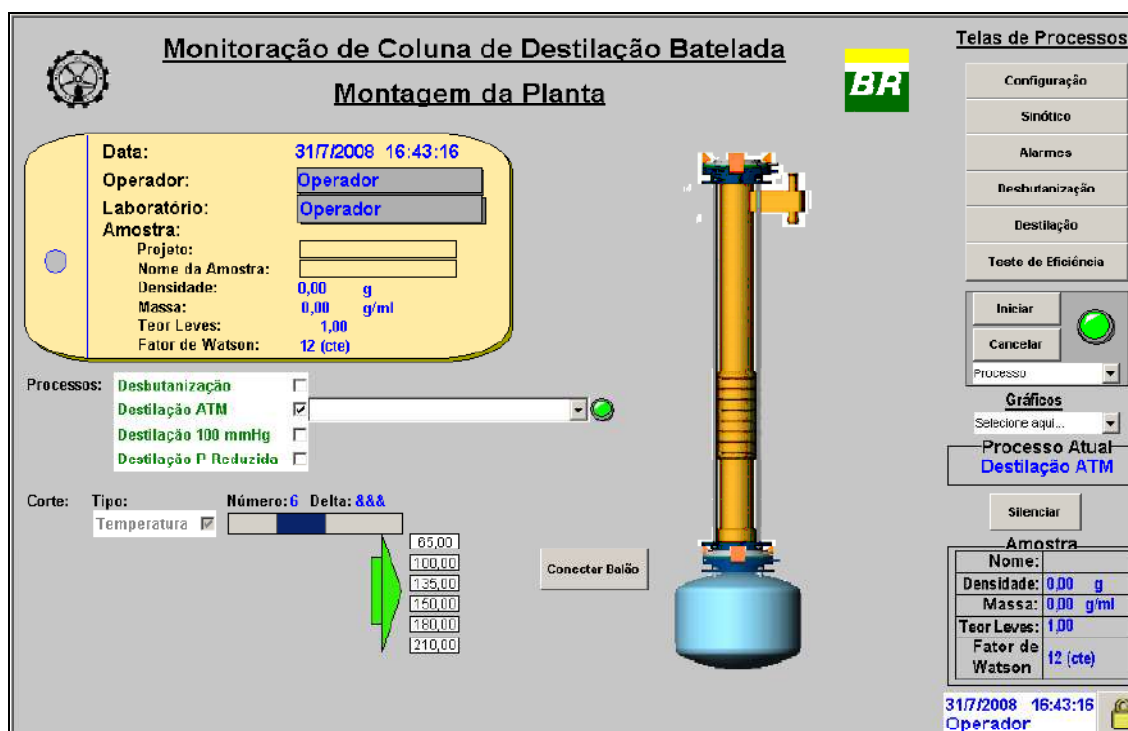


Figura IV.4 - Tela do Sistema Supervisorio com a visualização dos resultados para etapa “Seleção de Etapas”.

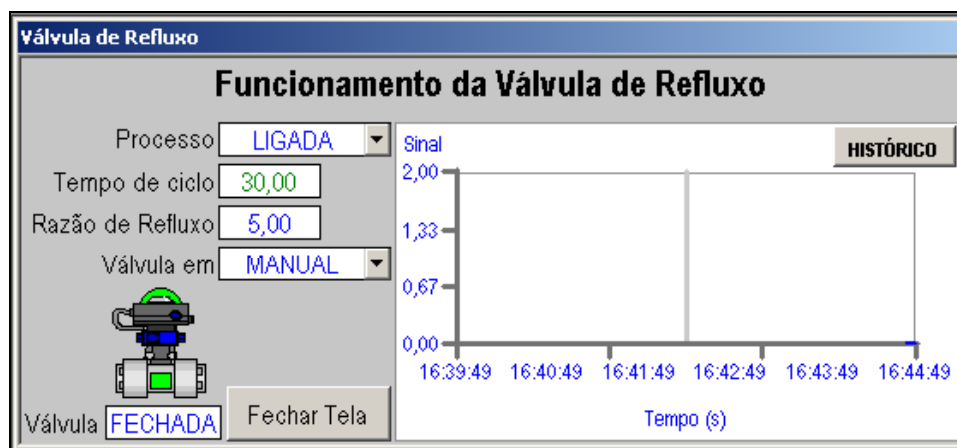
## ***IV.2. Teste da etapa “Válvula de Refluxo”***

Primeiramente é mostrado o procedimento que foi utilizado para se testar essa etapa, e posteriormente os resultados obtidos com esse teste, bem como uma discussão desses resultados.

### ***IV.2.1. Procedimento para a realização do teste da etapa “Válvula de Refluxo”***

1º - Após realizar a etapa “Seleção de Processos”, clicar sobre a válvula de refluxo na tela do Sinótico;

Uma nova tela chamada “Funcionamento da Válvula de Refluxo” é aberta.



*Figura IV.5 - Tela do Sistema Supervisório: Funcionamento da Válvula de Refluxo.*

2º - Configurar o tempo de ciclo na tela “Funcionamento da Válvula de Refluxo”, como por exemplo, 30 segundos;

3º - Forçar a válvula para AUTOMÁTICO (para isso, deve-se clicar na seta ao lado do texto que exprime se a válvula está em automático ou em manual);

4º - Alterar o tempo de ciclo para um tempo diferente do configurado inicialmente, como por exemplo, 18 segundos. Esse passo é opcional e foi feito apenas para se verificar de forma mais nítida no gráfico a mudança do tempo de ciclo;

5º - Clicar em FECHAR TELA e retornar para o Sinótico.

#### IV.2.2. Resultados do teste da etapa “Válvula de Refluxo”

Conforme figura IV.6, pode-se observar que a primeira linha está em amarelo, o que significa que os blocos de funções estão ativados e realizando suas respectivas funções já descritas no capítulo 3.

Pode-se observar também que a variável AMXV-01 (acionada quando se força o status da válvula para automático) foi realmente ativada, pois na seqüência, ela está com uma linha amarela. Já a variável XV\_01 alterna da posição ABERTA para FECHADA e vice-versa conforme o tempo do ciclo programado, que nesse caso está com 18 segundos, o que leva a válvula a permanecer 3 segundos aberta e 15 segundos fechada. No momento que a tela abaixo foi capturada, a válvula estava com 2.21 segundos aberta.

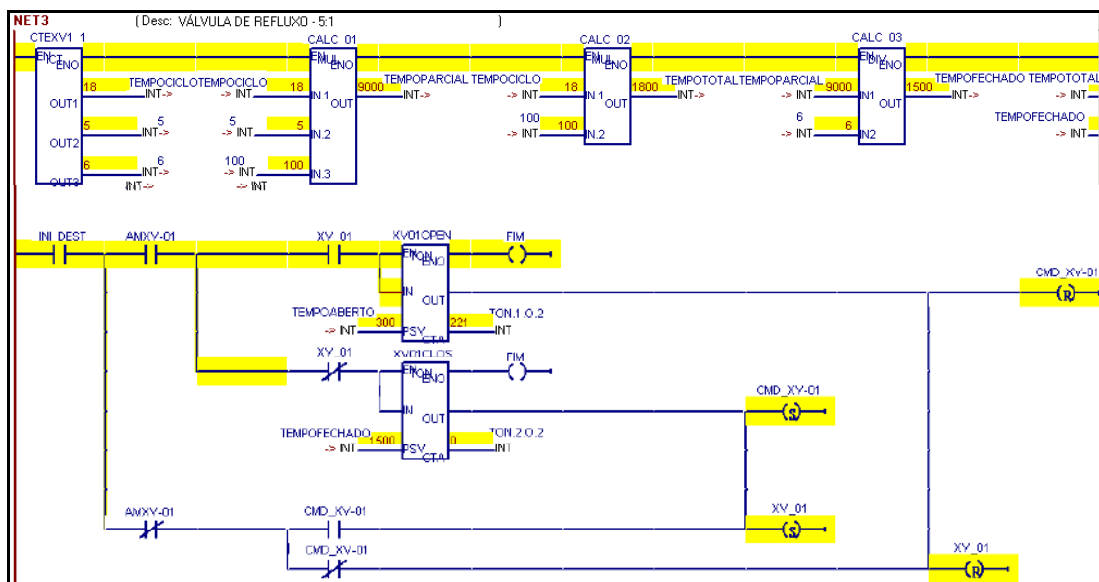


Figura IV.6 - Tela do CONF700 do CLP com a visualização dos resultados da etapa “Válvula de Refluxo” .

Já nas figuras IV.7 e IV.8, pode-se verificar os resultados obtidos na tela do sistema supervisor, tanto na tela “Funcionamento da Válvula de Refluxo” quanto no sinótico, após as ações realizadas para o teste da válvula de refluxo.

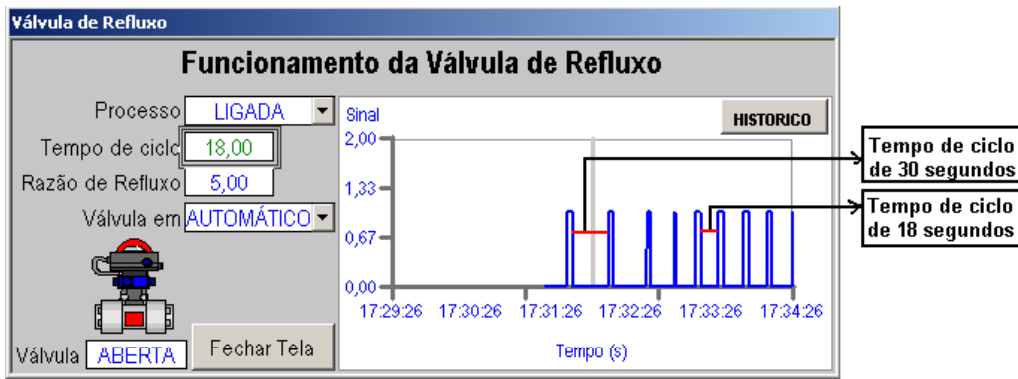


Figura IV.7 – Alteração no tempo de ciclo de 30 para 18 segundos na válvula de refluxo.

Repare que os picos, que representam os ciclos, ficam mais próximos quando há redução do tempo de ciclo no funcionamento da válvula de refluxo. Isso já era esperado visto que a válvula de refluxo fica aberta durante um tempo menor quando há redução no tempo de ciclo (ao invés de ficar 05 segundos aberta quando o ciclo é de 30, passa a ficar só 03 segundos quando o ciclo é reduzido para 18 segundos).

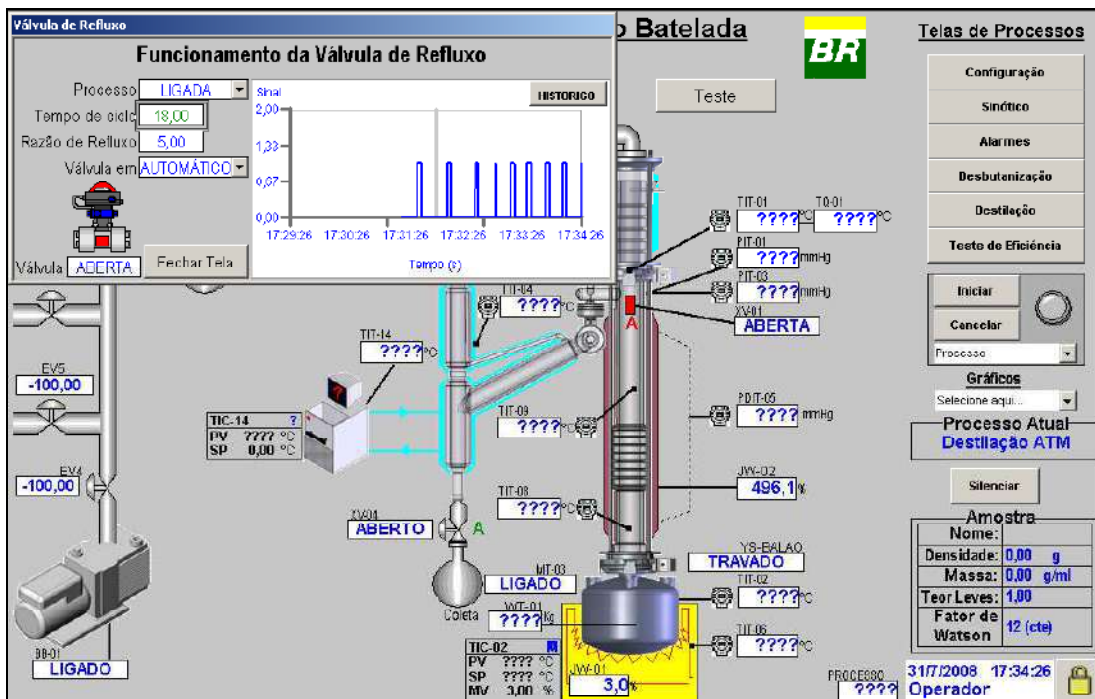


Figura IV.8 - Tela do Sistema Supervisório com a visualização dos resultados do teste para a etapa “Válvula de Refluxo”.

Repare que na tela do sinótico, a válvula de refluxo está em vermelho, mostrando que está ABERTA, e aparece a letra A, mostrando que a válvula de refluxo está em automático. Isso confirma os status de aberta e automático que aparecem na tela “Funcionamento da Válvula de Refluxo”.

Todos os resultados obtidos nesse teste simulado estavam conforme o esperado.

### IV.3. Teste da etapa “Destilação à pressão atmosférica”

Primeiramente é mostrado o procedimento que foi utilizado para se testar essa etapa, e posteriormente os resultados obtidos com esse teste, bem como uma discussão desses resultados.

#### IV.3.1. Procedimento para a realização do teste da etapa “Destilação à pressão atmosférica”

1º- Após realizar as etapas “Seleção de Processos” e “Válvula de Refluxo”, clicar sobre o balão de coleta na tela do Sinótico;

Uma nova tela chamada “Funcionamento da Válvula de Refluxo” é aberta.

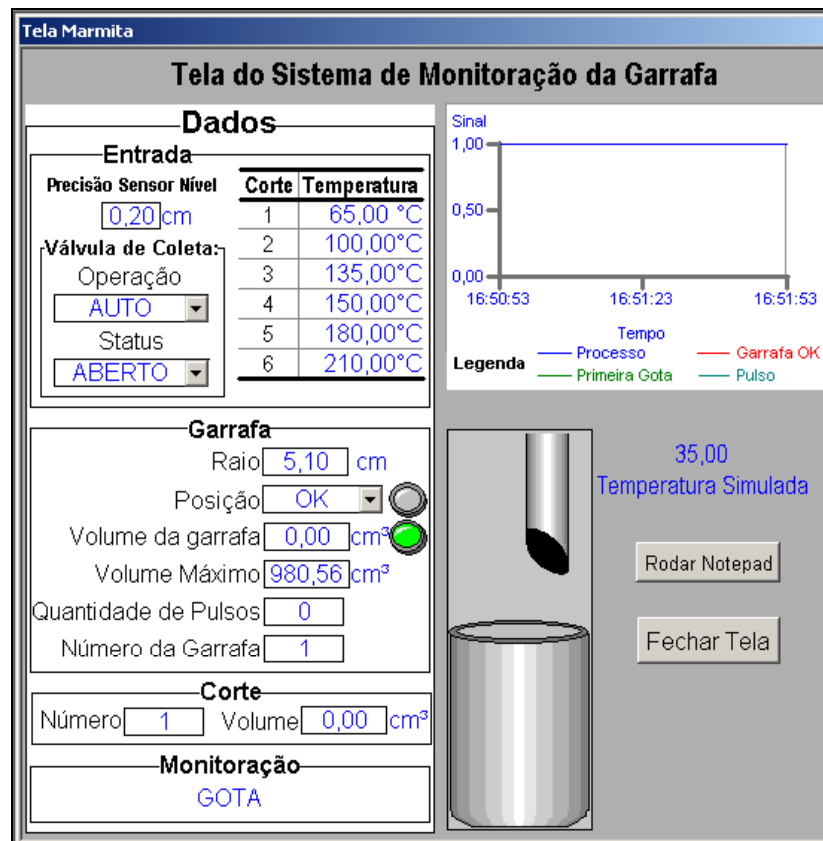


Figura IV.9 - Tela do Sistema Supervisório: Sistema de Monitoração da Garrafa.

2º - Mudar a posição da garrafa para OK clicando na seta ao lado da caixa texto da posição;

3º - Colocar a operação da válvula de coleta em automático clicando na seta ao lado da caixa texto da operação;



4° - Forçar a queda da primeira gota no CLP através de uma chave manual que altera o status da variável associada à entrada do CLP (a variável PULSO\_GOTA, que representa a queda da primeira gota, de “0” vai para “1” e depois retorna a posição “0”, simulando um pulso);

5° - Forçar o aumento da temperatura de vapor do topo (TQ\_VAP) no campo “Temperatura Simulada” até atingir o valor da temperatura do corte\_01 (°C) +/- 1. Por exemplo, forçar temperatura de vapor do topo igual a 65°C (temperatura do corte\_01).

6° - Forçar pulsos de nível de destilado na garrafa através da chave manual até uma quantidade desejada, como por exemplo, 05 pulsos.

7° - Forçar o aumento da TQ\_VAP para um valor maior que a temperatura do corte\_01 (°C) +1;

8° - Garantir que a posição da garrafa está na posição de OK. Caso não esteja, clicar na seta ao lado da caixa texto da posição;

9° - Forçar TQ\_VAP a ser igual à temperatura do corte\_02 (°C) +/-1. Por exemplo, forçar temperatura de vapor do topo igual a 99°C (temperatura do corte\_02 - 01°C);

10° - Forçar o número de pulsos a ser igual a 60 através da chave manual (garrafa 01);

11° - Garantir que a posição da garrafa está na posição de OK. Caso não esteja, clicar na seta ao lado da caixa texto da posição;

12° - Forçar uma quantidade máxima de pulsos (60) nessa garrafa também (garrafa 02).

13° - Forçar a posição da garrafa para OK e continuar a forçar um determinado número de pulsos na 3ª garrafa do corte 02.

14° - Forçar a temperatura de vapor do topo ser superior à temperatura do corte\_02 +1°C.

15° - Repetir os testes para TQ\_VAP igual a temperatura do corte\_03 +/- 1°C , depois igual a temperatura do corte\_04 +/- 1°C, depois igual a temperatura do corte\_05 +/- 1°C e finalmente igual a temperatura do corte\_06 +/- 1°C (por exemplo, uma temperatura igual a 210°C);

É importante salientar que todas as etapas onde foi necessário forçar algum evento, como por exemplo, um aumento da temperatura ou a simulação de um pulso, foram realizadas apenas para testar o programa e a lógica, visto que no procedimento real esses eventos ocorrerão naturalmente durante o processo, não sendo necessário forçá-los.

### IV.3.2. Resultados da etapa “Destilação à pressão atmosférica”

Conforme figura IV.10, pode-se observar que houve a queda da primeira gota, pois a variável FIM\_GOTA (variável esta que indica que houve a queda da primeira gota) foi ativada após a variável PULSO\_GOTA ter ido para posição “1” e retornado para a posição “0”, simulando o pulso.

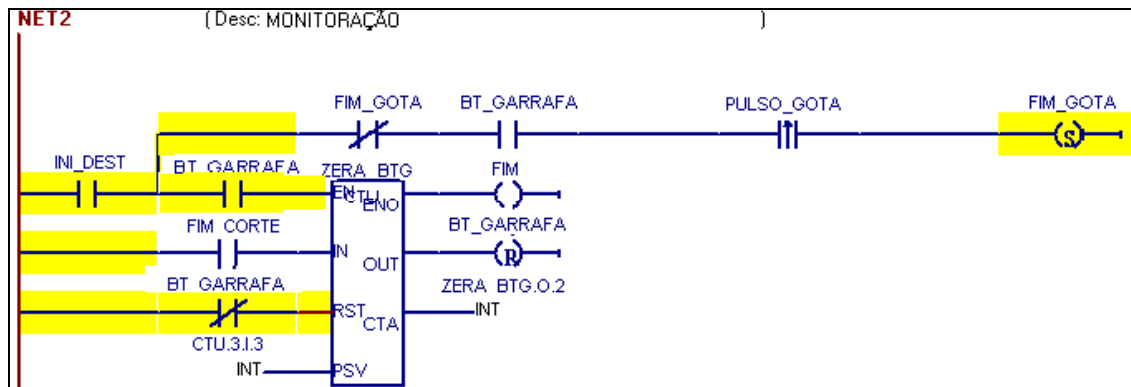


Figura IV.10- Tela do CONF700 do CLP com a visualização dos resultados após queda da primeira gota referente a etapa “Destilação à pressão atmosférica”

Já na figura IV.11, pode-se observar que as linhas um e dois estão em amarelo, o que significa que os blocos de funções estão ativados e realizando suas respectivas funções já descritas no capítulo 3. Nesta mesma figura, a informação de que a primeira gota caiu também pode ser visualizada, pois a variável FIM\_GOTA está ativada.

Outra informação extraída da figura IV.11 é que está ocorrendo o primeiro corte, situação ocorrida quando a TQ\_VAP foi forçada a um valor de 65°, igual à temperatura do corte 01. Isso pode ser verificado porque a variável MONITORA foi ativada e a variável FIM\_CORTE desativada. Essa situação ocorre sempre que TQ\_VAP estiver em uma temperatura de corte +/- 1°C

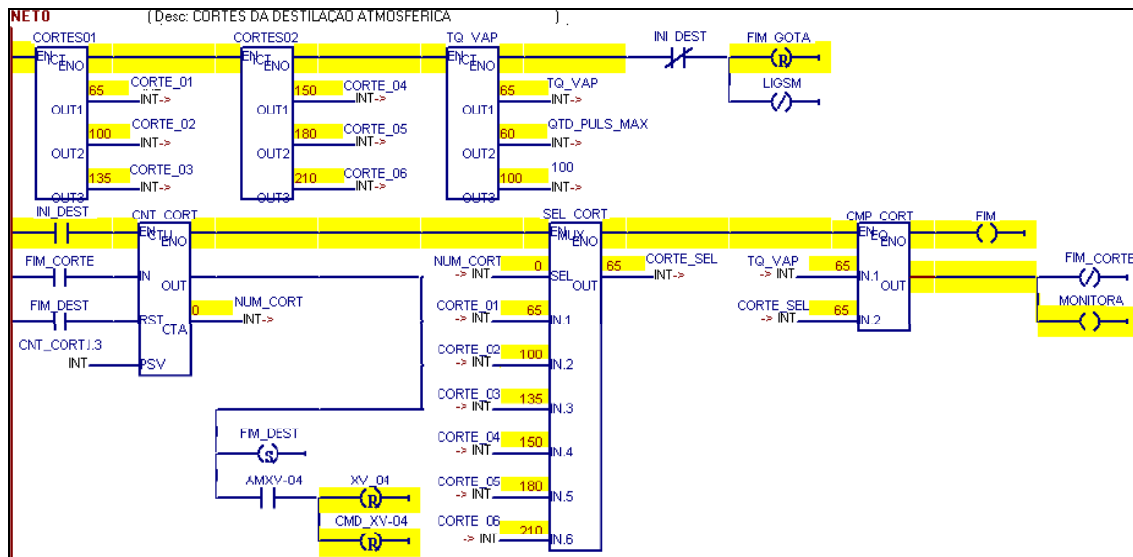


Figura IV.11 - Tela do CONF700 do CLP durante o primeiro corte referente a etapa “Destilação à pressão atmosférica”

Na figura IV.12, pode-se observar que está ocorrendo um corte, pois a variável MONITORA está ativada (fato ocorrido quando se igualou a TQ\_VAP a uma temperatura de corte); que a posição da garrafa está OK, pois a variável BT\_GARRAFA está OK; que está sendo dado um pulso no exato momento da captura da tela (ocorrido quando simulado o pulso de nível na chave maunal), pois a variável PULSO\_IN está ativada; e que já foram dados 7 pulsos (NUM\_PULSOS: saída CTA do bloco ALTURA) na garrafa 01 (NUM\_GARRAFA: saída CTA do bloco CNT\_GARR).

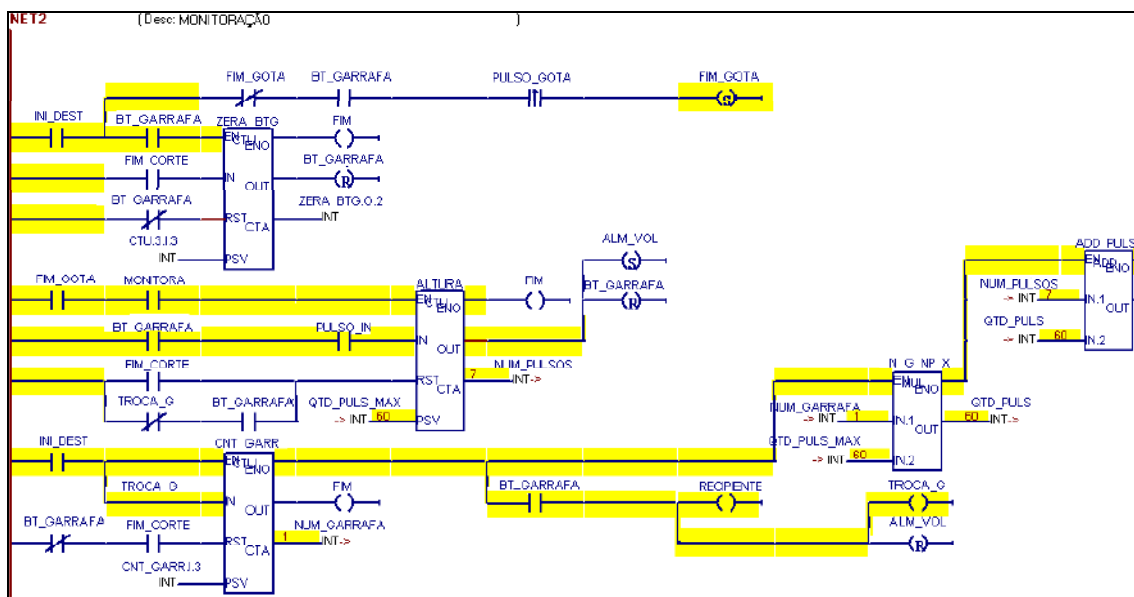


Figura IV.12 - Tela do CONF700 do CLP durante um corte referente a etapa “Destilação à pressão atmosférica”

Na figura IV.13, pode-se observar que a variável ALM\_VOL está ativada, o que já era esperado devido ao número de pulso dados ser igual ao número de pulso máximo permitido para uma garrafa. Isso aconteceu quando foram dados 60 pulsos na chave manual. Repare que a variável BT\_GARRAFA foi desativada, o que já era esperado quando o volume máximo da garrafa de coleta fosse atingido.

Com a variável BT\_GARRAFA desativada, a variável RECEPIENTE passou para “0”, informando ao Sistema de Monitoração que não há garrafa pronta para coleta.

Repare também que a variável MONITORA não foi desativada, visto que não houve mudança de corte, apenas de garrafa.

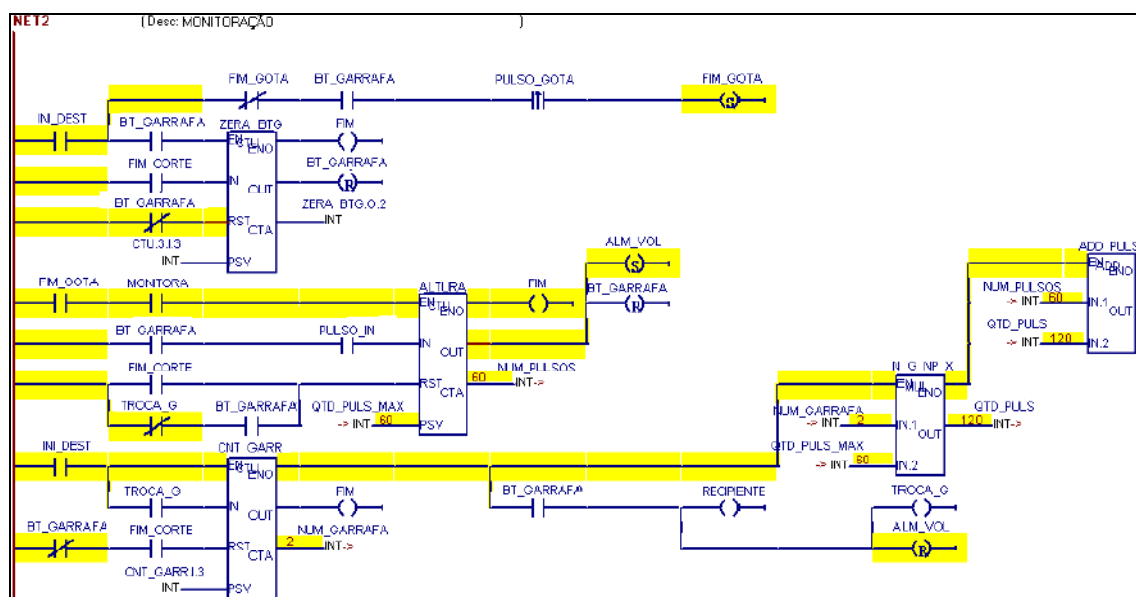


Figura IV.13 - Tela do CONF700 do CLP capturada no momento em que a garrafa de coleta está cheia, referente a etapa “Destilação à pressão atmosférica”

Já nas figuras IV.14 a IV.18, pode-se verificar os resultados obtidos na tela do sistema supervisor.

Na figura IV.14, pode-se constatar que a garrafa está na posição OK (informação visualizada no campo posição e através da linha vermelha no gráfico), que o sistema de monitoração está monitorando a gota, já que a mesma ainda não ocorreu, e que a válvula de coleta está em AUTOMÁTICO e ABERTA, e que o processo como um todo já iniciou, pois a linha azul no gráfico está em “1”.

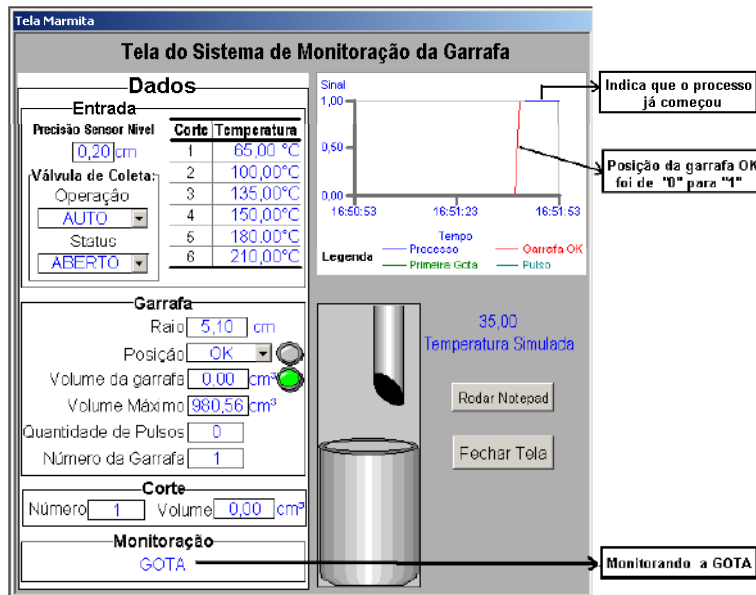


Figura IV.14 - Tela do Sistema de Monitoração da Garrafa antes da queda da 1ª gota

Já na figura IV.15, pode-se observar que houve a queda da primeira gota (ação ocorrida quando se alterou a posição de “0” para “1” e depois retornou para “0” a variável PULSO\_GOTA através da chave manual) através do gráfico e do desenho da gota acima da garrafa de coleta. Com isso, o sistema de monitoração passa a monitorar o NÍVEL e não mais a GOTA.

Outra evidência dessa figura é que a posição da garrafa não muda para NÃO OK quando a primeira gota cai, porém, ela passa do status ABERTA para FECHADA, já que não está na temperatura de corte.

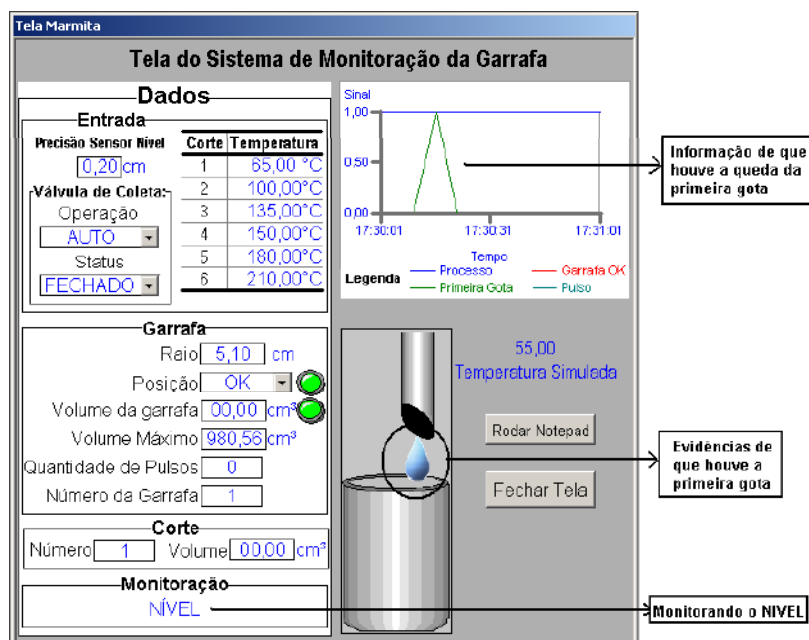


Figura IV.15 - Tela do Sistema de Monitoração da Garrafa após queda da 1ª gota

Na figura IV.16, uma série de informações pode ser extraída. Uma delas é que está ocorrendo um corte, pois o SM está monitorando o nível e o status da válvula de coleta está ABERTO. Isso foi possível quando se igualou o valor da TQ\_VAP à temperatura do corte 01 (valor mostrado no campo Temperatura Simulada = 65°C). Outra informação que pode ser lida no campo “Quantidade de Pulsos” é a ocorrência dos 05 pulsos simulados, conforme procedimento descrito no item IV.3.1, e que o volume da garrafa com esses 5 pulsos é de 81,71 cm<sup>3</sup>. Pode-se dizer que o processo está no primeiro corte, pois esse é o valor mostrado no campo “Número”.

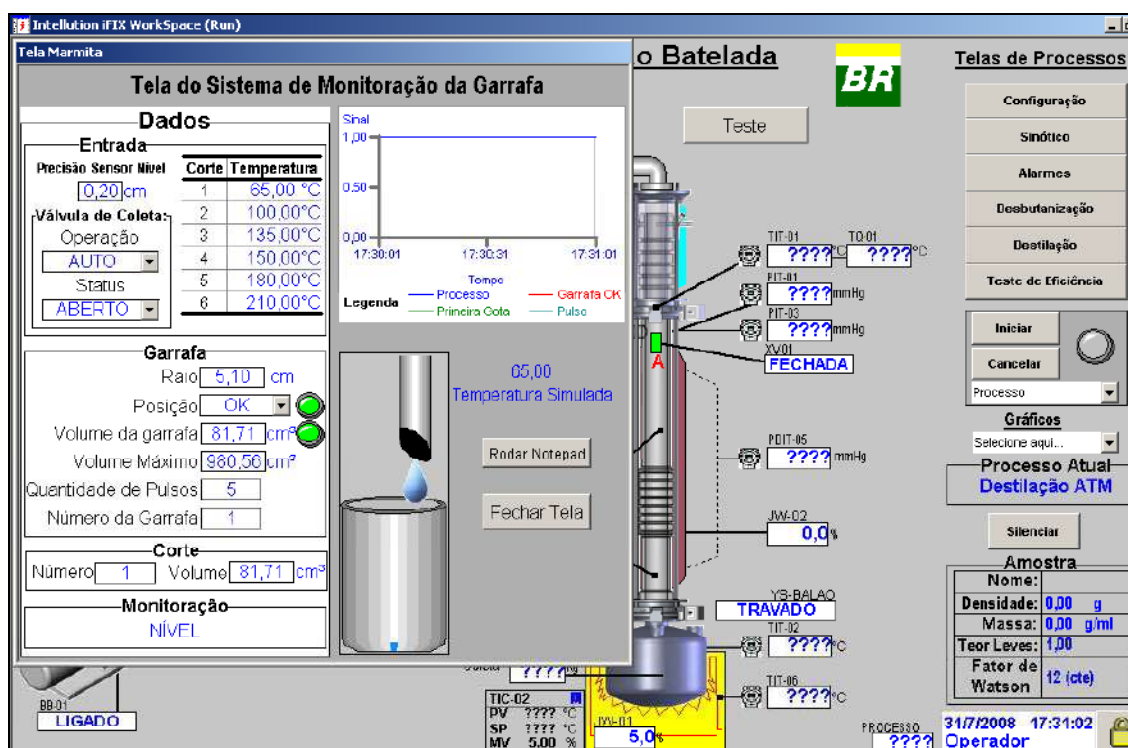


Figura IV.16 - Tela do Sistema de Monitoração da Garrafa durante o primeiro corte

Já na figura IV.17, é evidenciado o momento em que foram dados, pela segunda vez durante o corte 02 (TQ\_VAP igual a 99°C) conforme procedimento já descrito anteriormente, os 60 pulsos representando a variável PULSO\_IN na chave manual.

Com isso, pode-se observar que a garrafa 02 (informação lida no campo ‘Número da Garrafa’) está com um volume de 980,56 cm<sup>3</sup> e que o volume acumulado (garrafa 01 + garrafa 02) é igual a 1961,11 cm<sup>3</sup>. Como o volume máximo da garrafa foi atingido, um alarme visual é acionado (variável ALM\_VOL do CLP), mostrando o nível da garrafa em vermelho.

Pode-se observar também que, após o volume máximo da garrafa ter sido atingido, a posição da garrafa mudou automaticamente para NÃO OK e que o círculo ao lado desse campo passou para vermelho, alertando a posição da garrafa. O status da válvula de coleta também passou para FECHADO.

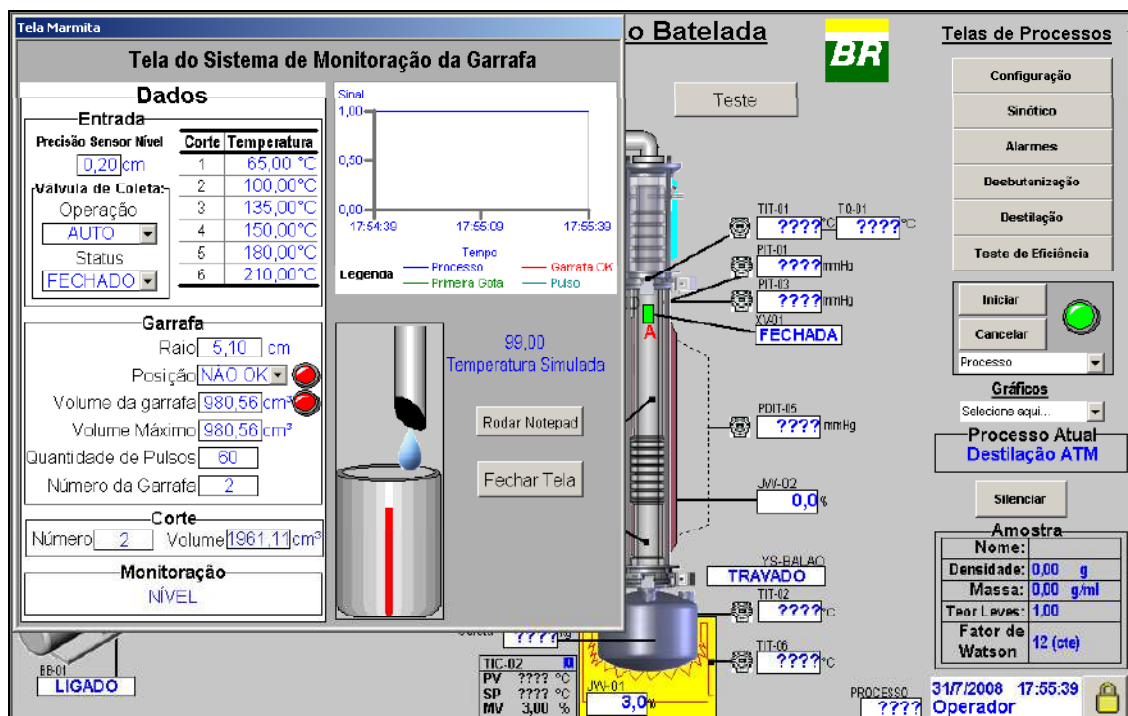


Figura IV.17- Tela do Sistema de Monitoração da Garrafa no momento em que o volume máximo da garrafa foi atingido.

E por fim, na figura IV.18, é visualizada na “Tela do Sistema de Monitoração”, a ocorrência do último corte (corte 06) da etapa da destilação à pressão atmosférica, quando TQ\_VAP atingiu 210°C, conforme procedimento descrito anteriormente no item IV.3.1.

Nessa figura, pode-se observar que já ocorreram 07 pulsos na primeira garrafa do corte 06, e que o volume da garrafa é igual ao volume acumulado do corte e vale 114,40 cm<sup>3</sup>. Observa-se também que a válvula de coleta está ABERTA e em AUTO.

Em todas essas figuras de IV.14 a IV.18, pode-se verificar que a Precisão do Sensor de Nível vale 0,20 cm e que o raio da garrafa utilizada é 5,10 cm

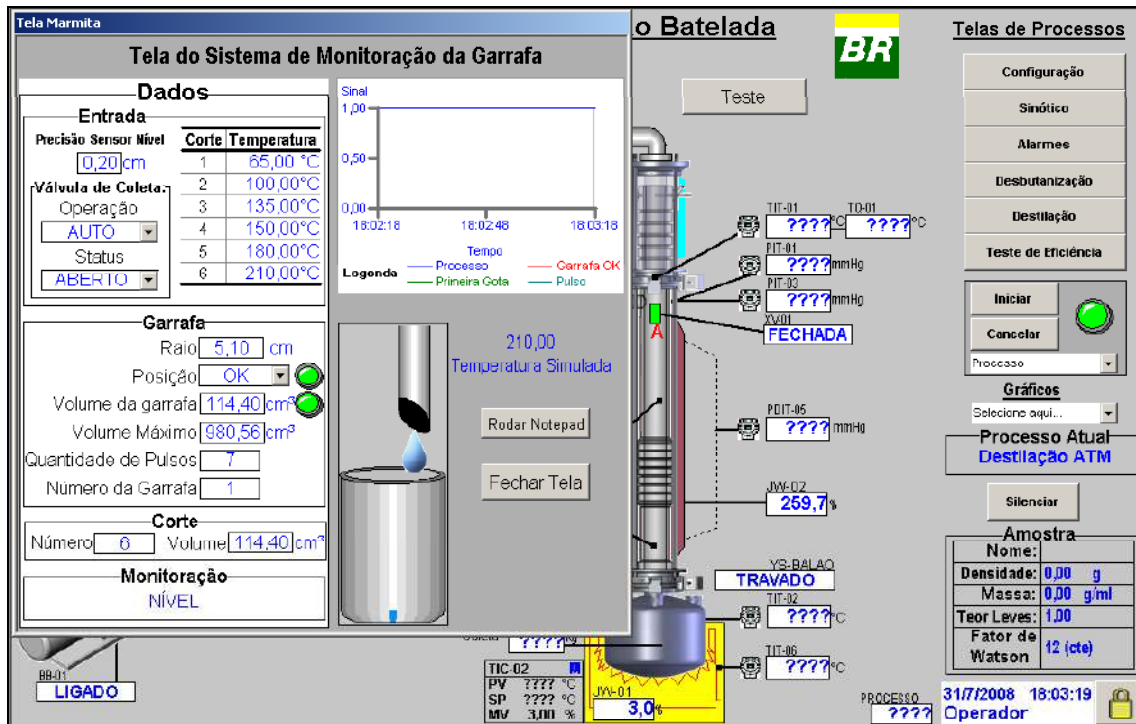


Figura IV.18- Tela do Sistema de Monitoração da Garrafa no momento do último corte.

Todos os resultados obtidos durante o teste já eram esperados, visto que o conhecimento sobre a lógica de cada etapa do processo já tinha sido sedimentado antes do desenvolvimento de cada diagrama ladder.

O resultado da comunicação entre CLP e Sistema Supervisório também foi bastante satisfatório, o que mostrou o correto endereçamento das variáveis do sistema supervisório com relação aos endereços Modbus do LC700.



# Capítulo V – Conclusões e Sugestões para o Trabalho Futuro

## *V.1. Conclusão*

O desenvolvimento da lógica da destilação à pressão atmosférica, segundo a norma ASTM 2892, na linguagem padrão do CLP, bem como a criação de telas gráficas (sistemas supervisorio) referentes a esse processo e o teste da lógica ladder em conjunto com o sistema supervisorio realizado com êxito, mostram que o objetivo do projeto final de curso, que era de automatizar o processo de destilação atmosférica, foi atingido e com sucesso, mostrando ser possível a automação completa da UDB e assim obter um sistema integrado com arquitetura mais aberta e uma tecnologia mais flexível em relação às “caixas-pretas” atuais, otimizando enfim a obtenção da curva PEV.

## *V.2. Trabalhos futuros*

Como os testes do processo de destilação à pressão atmosférica funcionaram conforme o esperado, o próximo passo do projeto é desenvolver a linguagem ladder para os demais processos de destilação (a 100 mmHg e a 10 mmHg), bem como a tela gráfica do sistema supervisorio, para posteriormente reunir todas as lógicas ladder dos diferentes processos pertinentes para obtenção da curva PEV em um só arquivo e assim realizar um teste na coluna de destilação em batelada real, no intuito de validar a automação da UDB e poder trabalhar com confiança e segurança.

Outro trabalho que deve ser realizado é o teste real com o sistema de monitoração (sensores de captura de imagem), para que se possa verificar possíveis falhas ou dificuldades encontradas durante o teste e realizar as correções que talvez sejam necessárias, para que se garanta o perfeito funcionamento desse sistema durante a operação da coluna de destilação em batelada.

Mais um trabalho importante a ser feito é o estudo do controle dos banhos que serão utilizados na unidade, a fim de garantir o correto funcionamento dos mesmos durante sua operação.

## Capítulo VI - Referências Bibliográficas

- [1] ASTM D 2892-99a "Standard Test Method for Distillation of Crude Petroleum (15-Theoretical Plate Column)", American Society for Testing and Materials, United States, 2002, p. 1-28.
- [2] ASTM D 5236-99a "Standard Test Method for Distillation of Heavy Hydrocarbon Mixtures (Vacuum Potstill Method)", American Society for Testing and Materials, United States, 2003, p. 1-22.
- [3] ATKINS, P. W. "FÍSICO-QUÍMICA". 7ª Edição, LTC, 2002.
- [4] BARBOSA, R. A. P. "MODELOS HÍBRIDO-NEURAIS DE DESTILAÇÃO BATELADA: APLICAÇÃO À CURVA DE PONTOS DE EBULIÇÃO VERDADEIROS". Dissertação de Mestrado, EQ/UFRJ, RJ, 2004.
- [5] BOLTON, W. "PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER", 4<sup>th</sup> Edition. Newnes, 2006.
- [6] DESMARAIS, M. L. A. "AUTOMAÇÃO DA UNIDADE DE DESTILAÇÃO EM BATELADA (UDB)". Anais da XXIX Jornada Giulio Massarani de Iniciação Científica, Artística e Cultura da UFRJ, 2007.
- [7] HENLEY, E.J; SEADER, J.D. "EQUILIBRIUM-STAGE SEPARATION OPERATIONS IN CHEMICAL ENGINEERING", John Wiley & Sons Publishing Co., USA, 1981.
- [8] LIMA, N. M. N; FARIAS, F; BARBOSA, W; MACIEL, MEDINA, L. "ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DA CURVA PEV NA SENSIBILIDADE DA SIMULAÇÃO DO REFINO DE PETRÓLEO". Resumo 4º PD/PETRO, Campinas, SP, 2007.
- [9] REVISTA CONTROLE & INSTRUMENTAÇÃO, "AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL – PANORAMA E TENDÊNCIAS NO BRASIL E NO MUNDO". Artigo Técnico, págs 86 à 88, maio/2005.
- [10] SILVA, P. L. "DESENVOLVIMENTO DE SIMULADOR DE DESTILAÇÃO BATELADA EM AMBIENTE MATLAB INTEGRADO A SISTEMA SUPERVISÓRIO COMERCIAL". Monografia de Graduação, EQ/UFRJ, RJ, 2008.
- [11] SMAR. Disponível em: <http://www.smar.com.br/> Acessado em: 01/08/2008
- [12] UFJF. Web [http://www.engprod.ufjf.br/epd\\_automacao/EPD030\\_Ladder1.pdf](http://www.engprod.ufjf.br/epd_automacao/EPD030_Ladder1.pdf). Acessado em: 01/08/2008

# **Anexo 1 – Documentos do programa**

Segue em anexo toda documentação do programa realizado no software CONF700 da SMAR nesse projeto final de curso. As documentações são:

- Página de informação;
- Configuração do Hardware;
- Variáveis globais;
- Variáveis virtuais globais;
- Bloco de funções utilizados;
- As Nets programadas;
- Endereços Modbus das variáveis configuradas

---

Company: UFRJ

Plant: Unidade de Destilação em Batelada - UDB

Project: Automação de uma UDB

Project Code:

Revision:

Leader:

Programmer: Milene

Comments:

CPU Module: CPU-700-3C/V8.40

Initial Date: 27/3/2008 16:48:27

Last Date: 25/8/2008 03:24:28

---

---

Rack	Slot	Module	Description
0	0	PS-AC-0	Power Supply Module 90-264VAC to 5VDC @3A / 24VDC @300mA Comments:
0	1	CPU-700-3C	CPU Module V8.40 - 30K bytes E2PROM - 15MHz Controller Comments:
0	2	M-123	2 Groups of 8 NO Relays Outputs (Double Level of Isolation)
0	3	M-012	2 Groups of 8 120 VAC Inputs (Isolated)

---

---

Rack	Slot	Default Label	User Label	Group Description
0	2	M-123G1B8O002	SAIDAS	Group 1/2 of 8 NO Relays Outputs (Double Level of Isolation)
0	2	M-123G2B8O002		Group 2/2 of 8 NO Relays Outputs (Double Level of Isolation)
0	3	M-012G1B8I003	PULSO	Group 1/2 of 8 120 VAC Inputs (Isolated)
0	3	M-012G2B8I003		Group 2/2 of 8 120 VAC Inputs (Isolated)

---

---

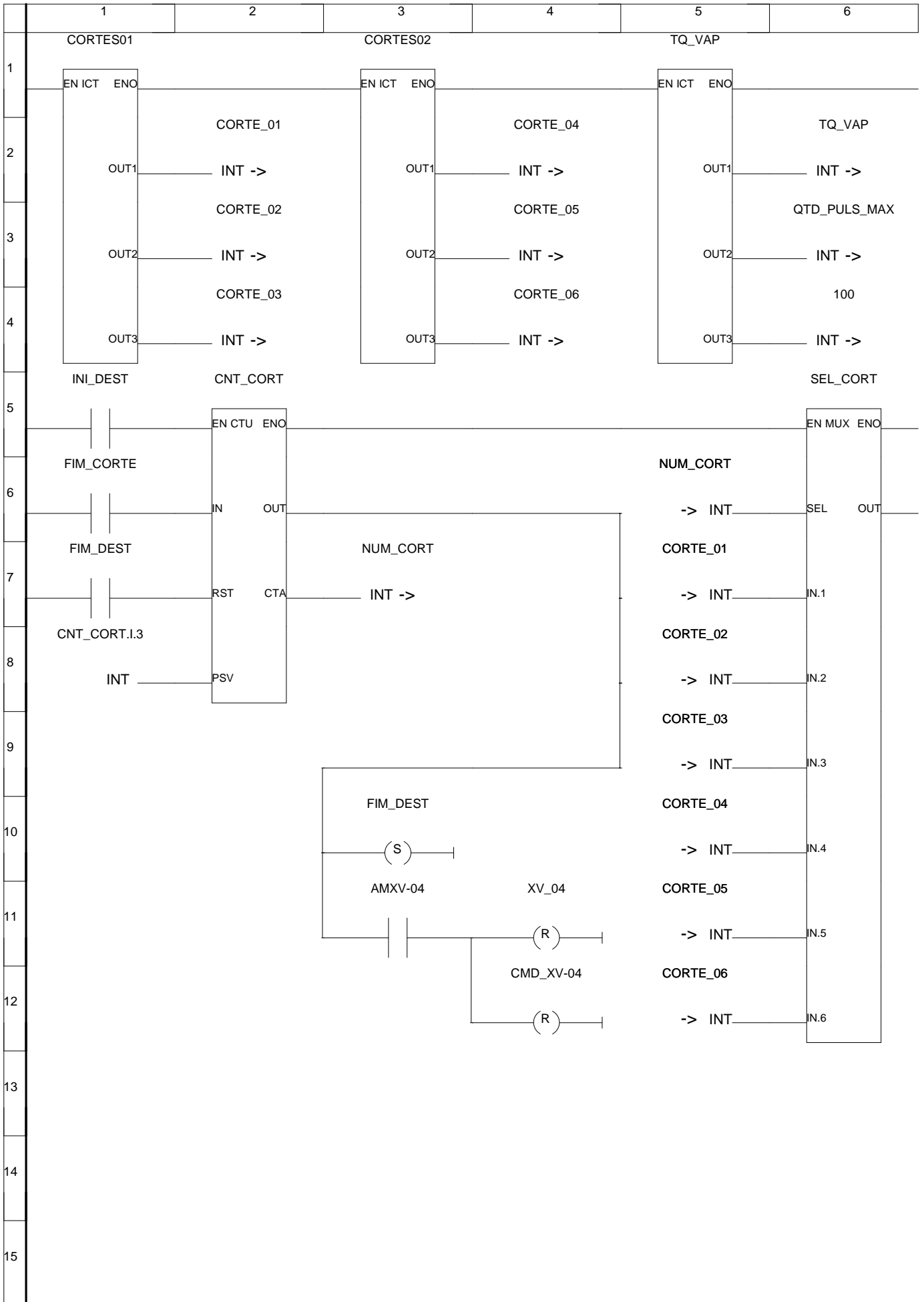
Chn	Default Label	Label	Group description
8	VM1BG1T111	AUXILIAR	
8	VM1BG1T112	AUX2	
8	VM1BG1T113	CHECKBOX	
8	VM1BG1T114	FIM_PROC	
8	VM1BG1T115	BOTOES	

---

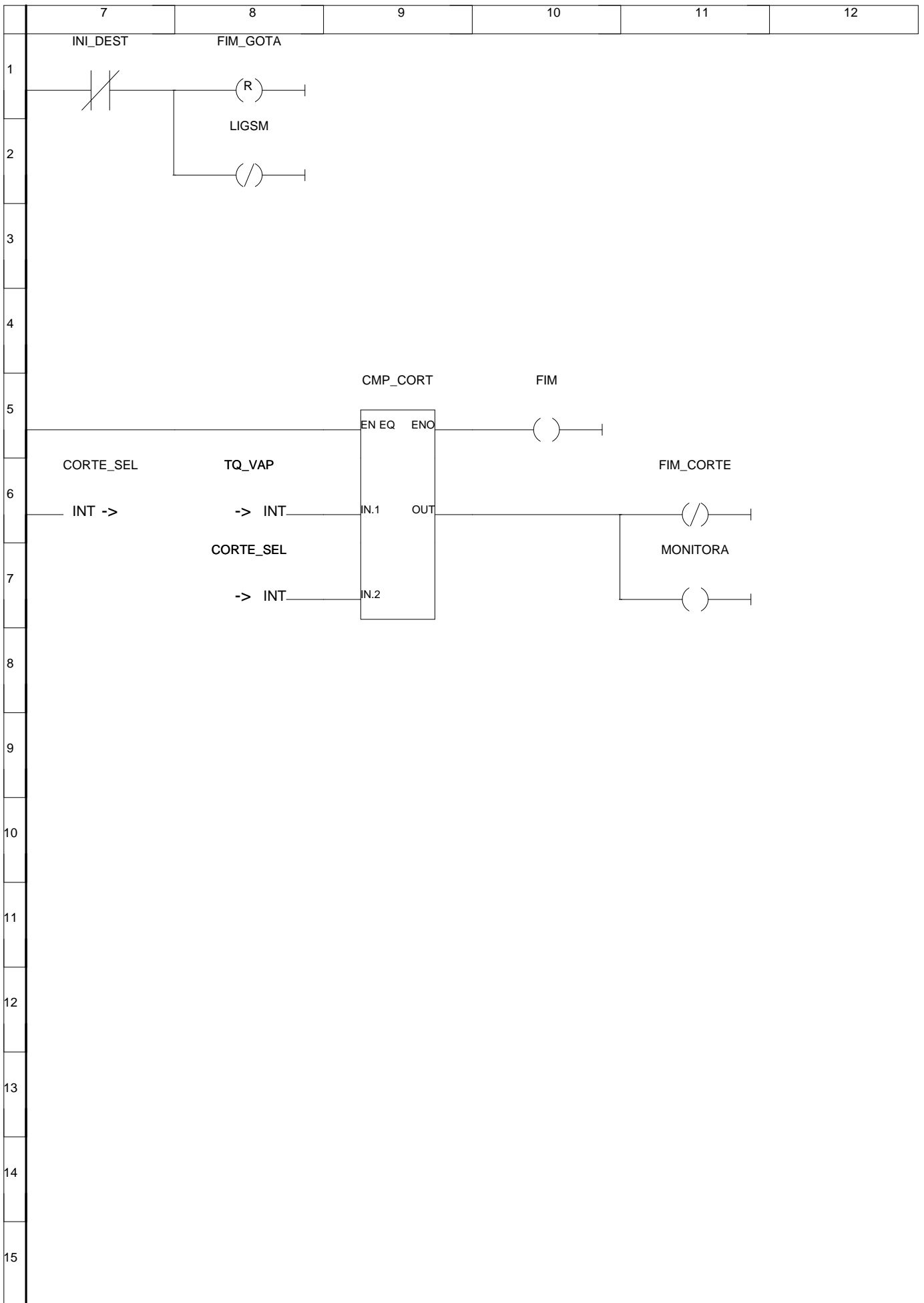
Type	User Label	Prm	Prm Value	Prm Description	Comments
TON	XV01OPEN	PST.TON.1	10000	Timer Preset Value of TON (0.01sec)	
TON	XV01CLOS	PST.TON.2	10000	Timer Preset Value of TON (0.01sec)	
CTU	CNT_CORT	PST.CTU.1	6	Counter Preset Value of CTU	
CTU	ALTURA	PST.CTU.2	1000	Counter Preset Value of CTU	
CTU	ZERA_BTG	PST.CTU.3	1	Counter Preset Value of CTU	
CTU	CNT_GARR	PST.CTU.4	10000	Counter Preset Value of CTU	
ICT	CORTES01	PRM1.ICT.1	65	Constant Value 1 of ICT	
		PRM2.ICT.1	100	Constant Value 2 of ICT	
		PRM3.ICT.1	135	Constant Value 3 of ICT	
ICT	CORTES02	PRM1.ICT.2	150	Constant Value 1 of ICT	
		PRM2.ICT.2	180	Constant Value 2 of ICT	
		PRM3.ICT.2	210	Constant Value 3 of ICT	
ICT	TQ_VAP	PRM1.ICT.3	35	Constant Value 1 of ICT	
		PRM2.ICT.3	60	Constant Value 2 of ICT	
		PRM3.ICT.3	100	Constant Value 3 of ICT	
ICT	CTEXV1_1	PRM1.ICT.4	30	Constant Value 1 of ICT	
		PRM2.ICT.4	5	Constant Value 2 of ICT	
		PRM3.ICT.4	6	Constant Value 3 of ICT	
EQ	CMP_CORT	DBN.EQ.1	1	DEAD-BAND of EQ	



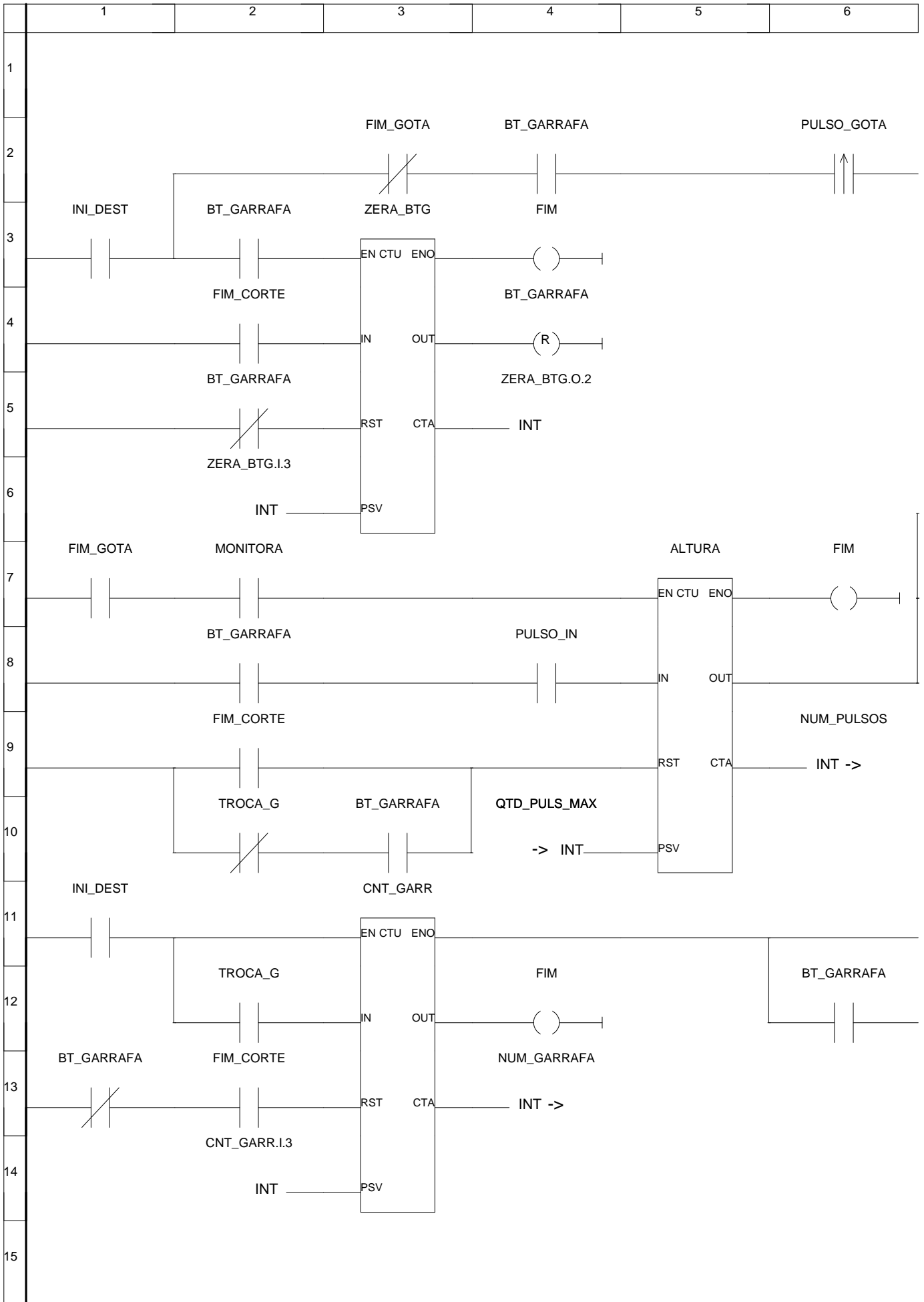
NET0  
Description: CORTES DA DESTILAÇÃO ATMOSFERICA



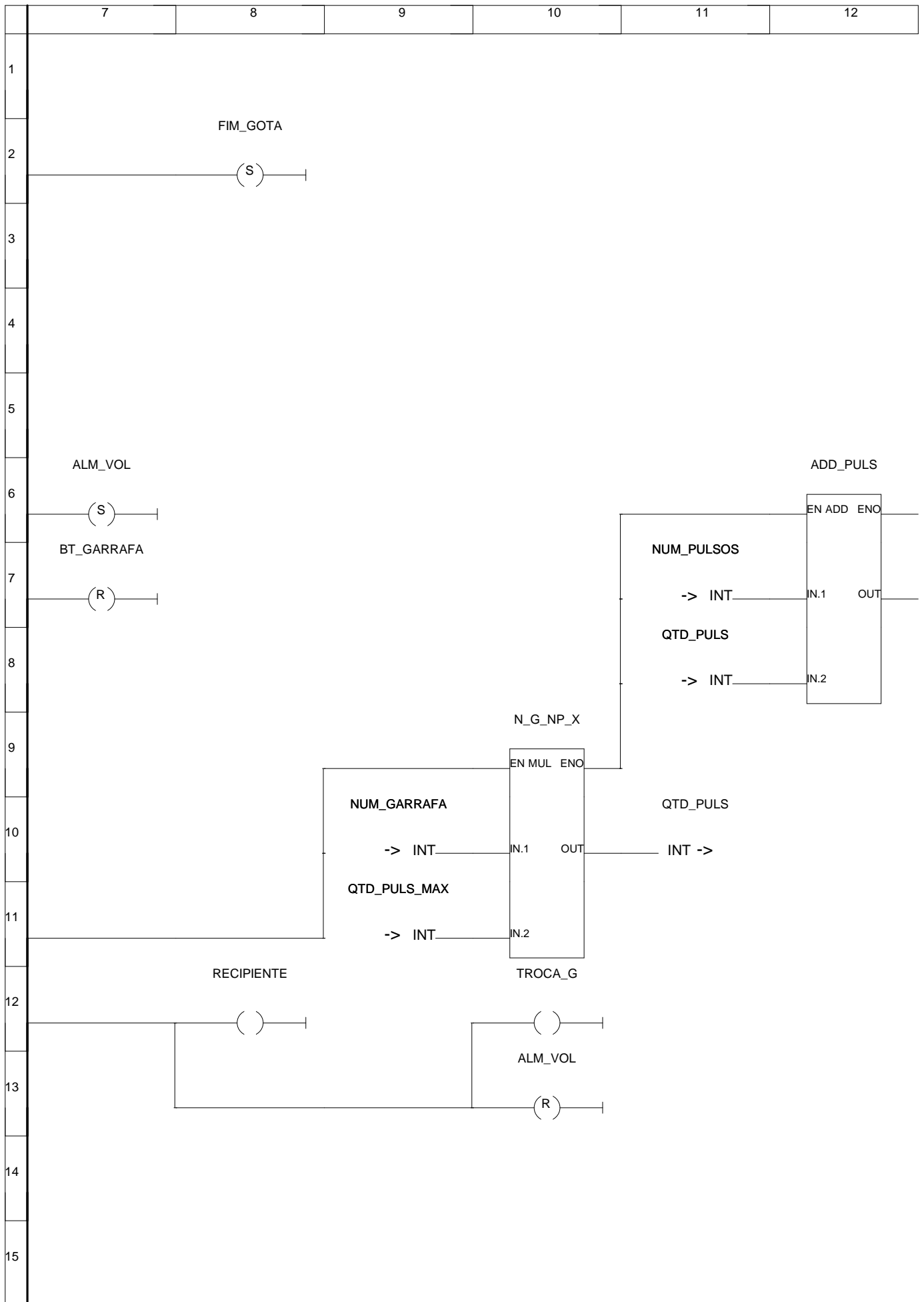
NET0  
Description: CORTES DA DESTILAÇÃO ATMOSFERICA



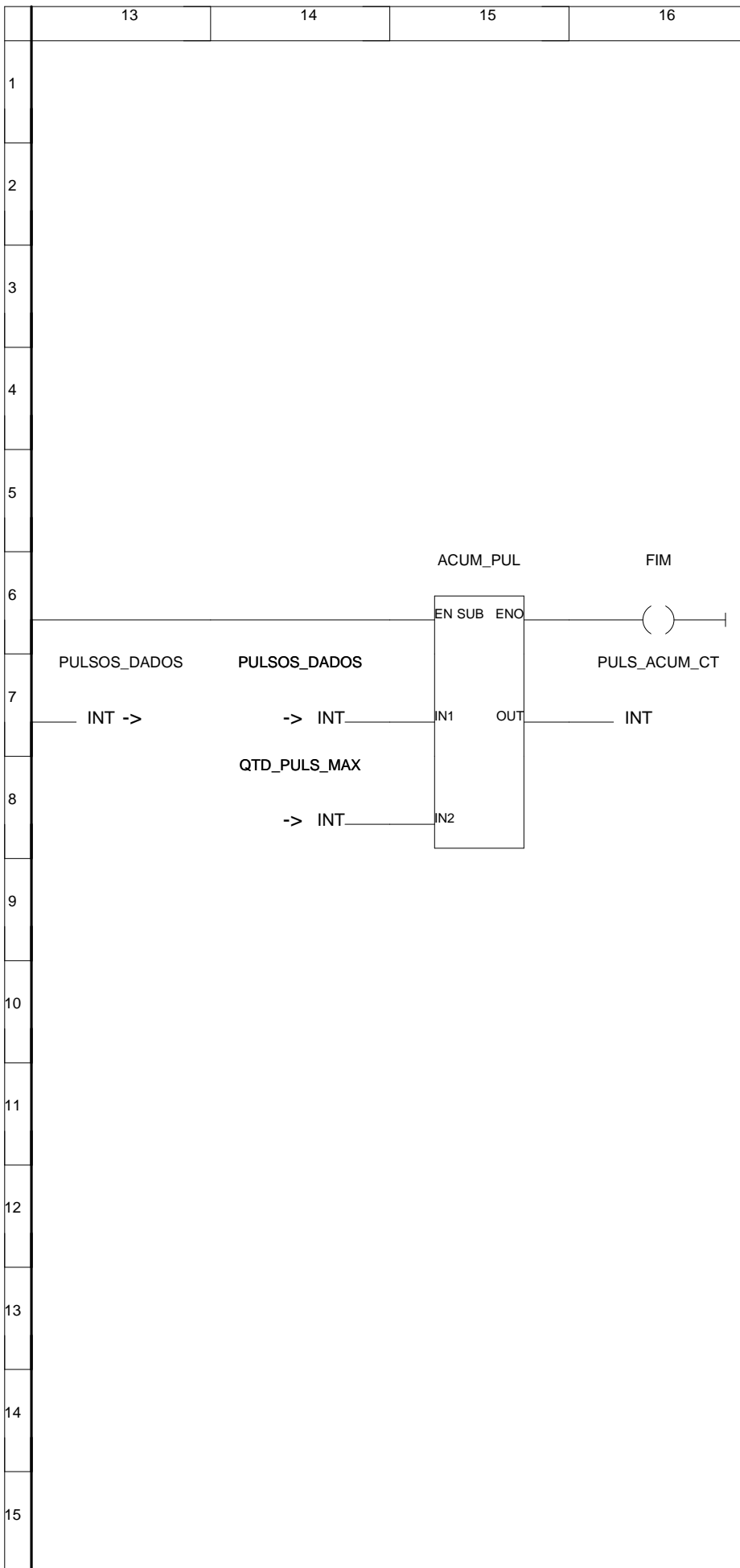
NET2  
Description: MONITORAÇÃO



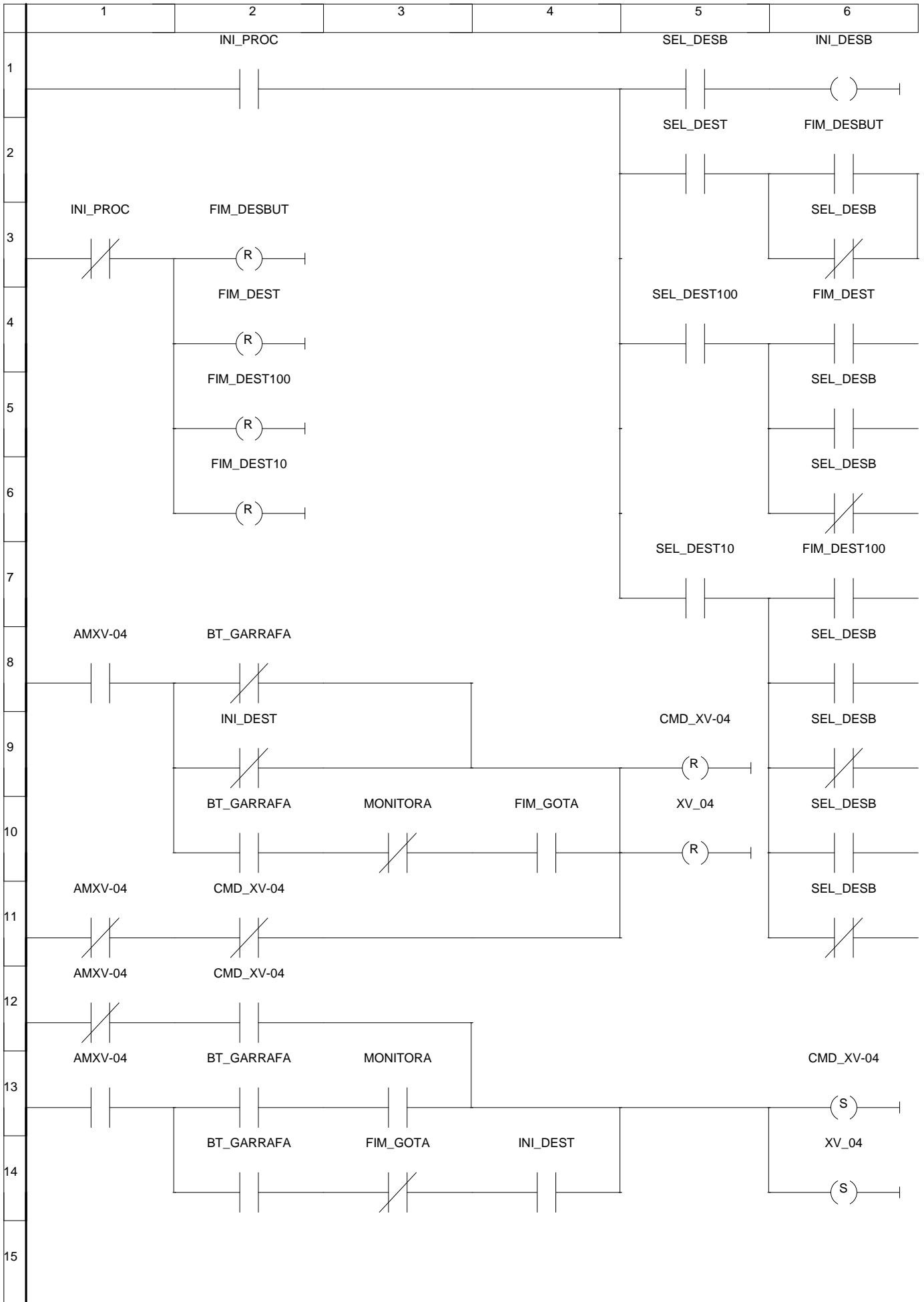
NET2  
Description: MONITORAÇÃO



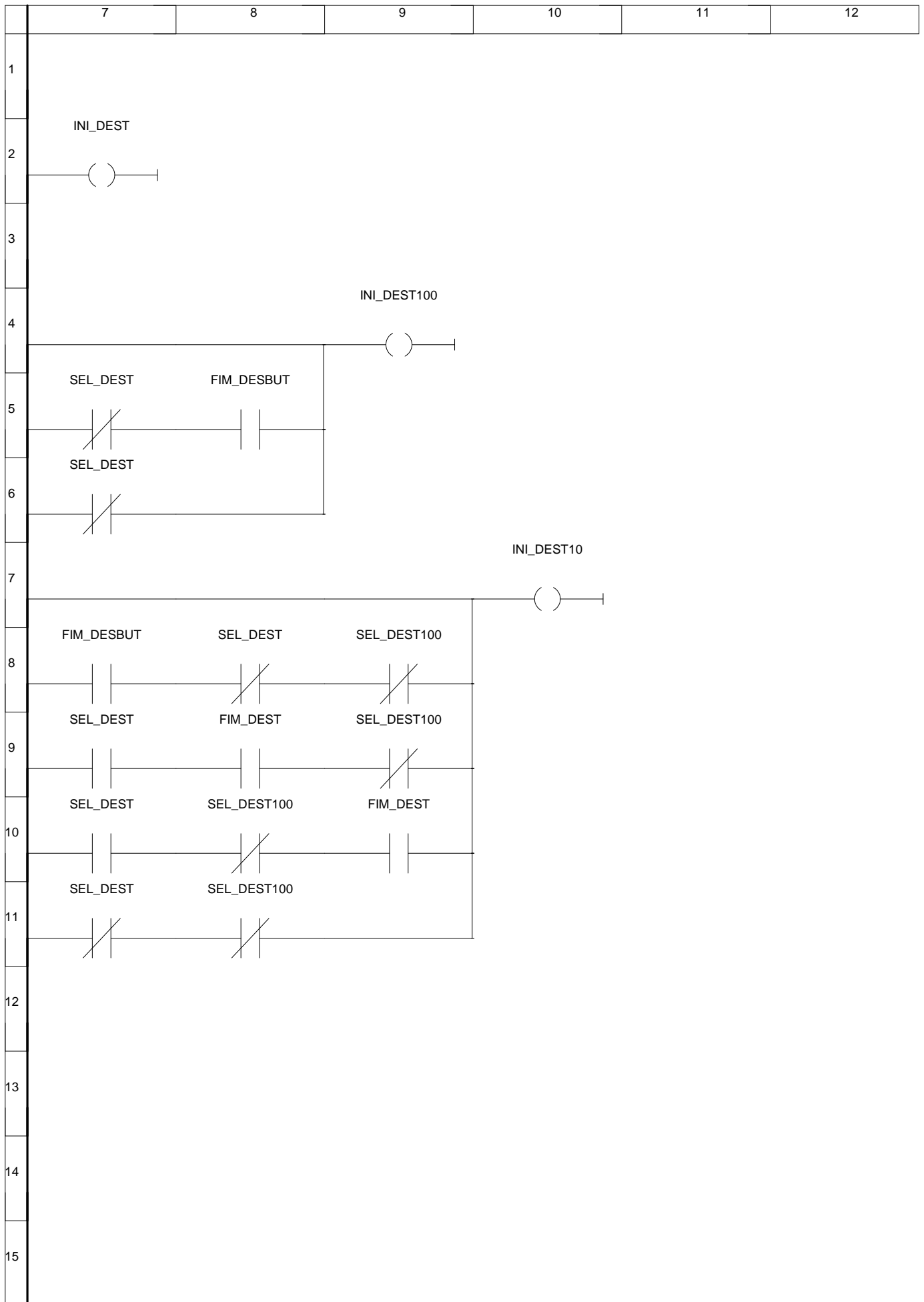
NET2  
Description: MONITORAÇÃO



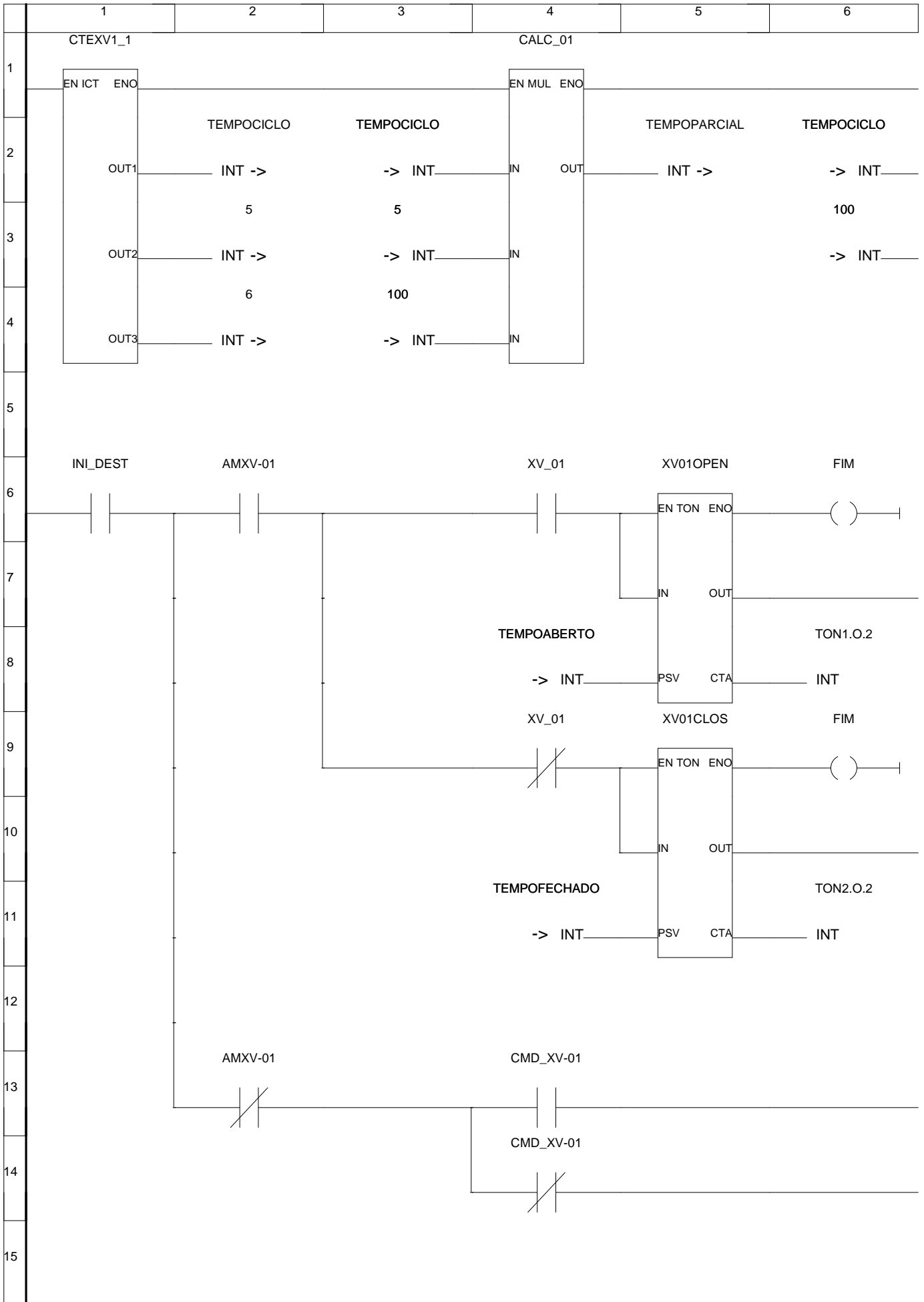
NET2  
Description: VALVULA DE COLETA E CONFIGURACAO



NET2  
Description: VALVULA DE COLETA E CONFIGURACAO

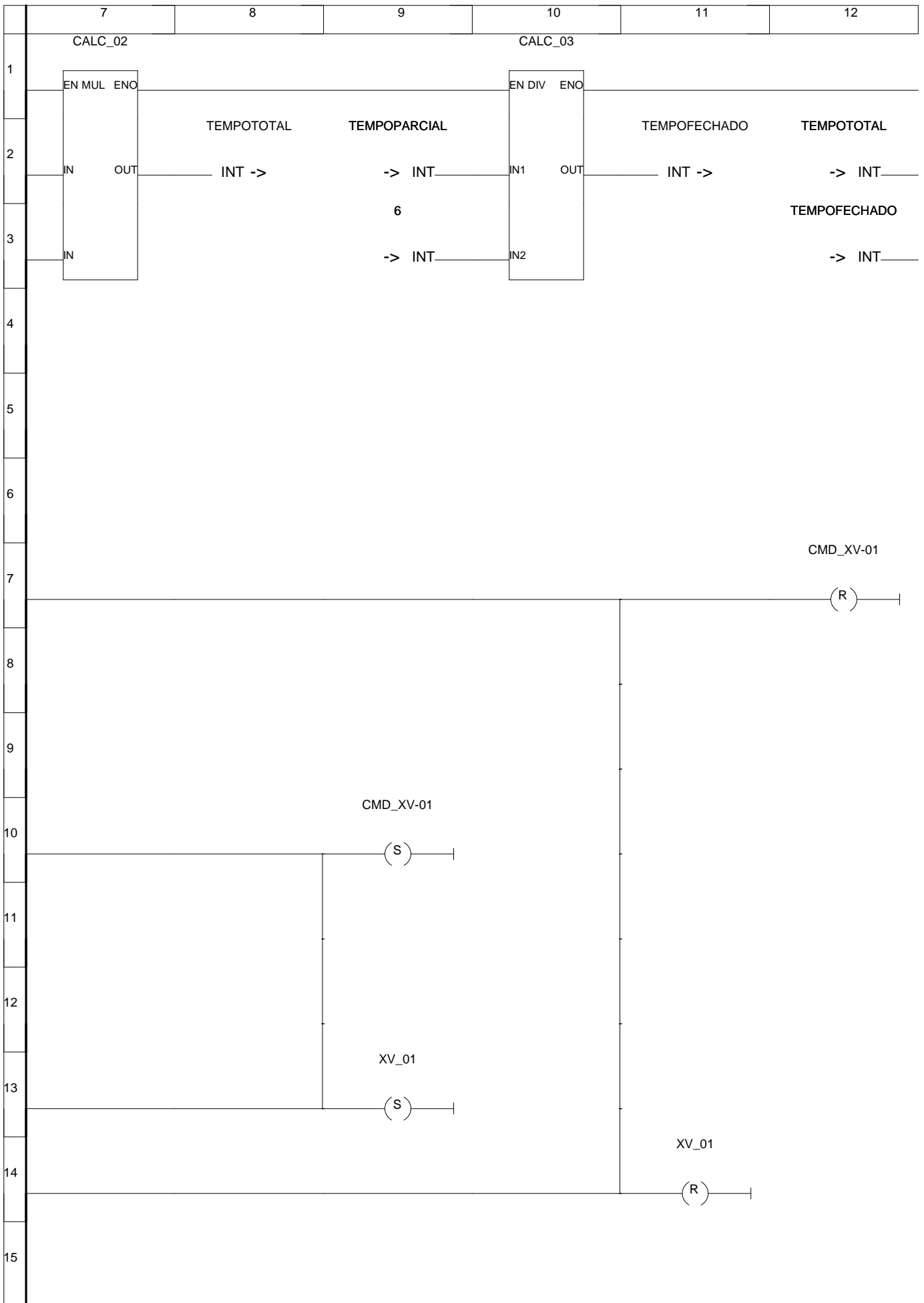


NET3  
Description: VÁLVULA DE REFLUXO - 5:1

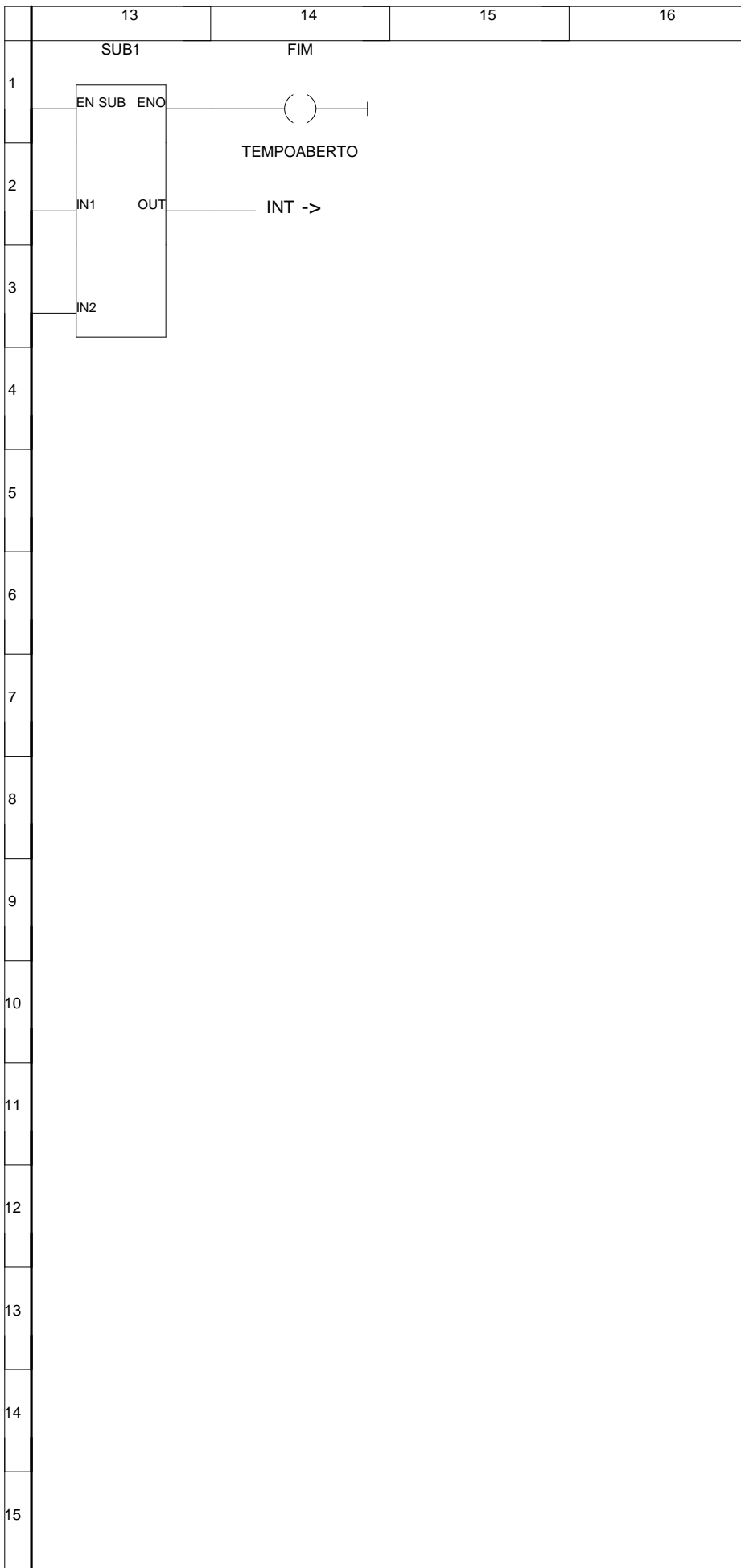




NET3  
Description: VÁLVULA DE REFLUXO - 5:1



NET3  
Description: VÁLVULA DE REFLUXO - 5:1



---

Tag	User Label	Modbus Address	Description
M-012G1B8I003.0	PULSO_IN	10001	PULSO DO NÍVEL
M-012G1B8I003.1		10002	
M-012G1B8I003.2	PULSO_GOTA	10003	PULSO DA PRIMEIRA GOTA
M-012G1B8I003.3		10004	
M-012G1B8I003.4		10005	
M-012G1B8I003.5		10006	
M-012G1B8I003.6		10007	
M-012G1B8I003.7		10008	
<hr/>			
M-012G2B8I003.0		10009	
M-012G2B8I003.1		10010	
M-012G2B8I003.2		10011	
M-012G2B8I003.3		10012	
M-012G2B8I003.4		10013	
M-012G2B8I003.5		10014	
M-012G2B8I003.6		10015	
M-012G2B8I003.7		10016	

---

---

Tag	User Label	Modbus Address	Description
M-123G1B8O002.0		00001	
M-123G1B8O002.1	XV_04	00002	VALVULA DE COLETA
M-123G1B8O002.2		00003	
M-123G1B8O002.3	XV_01	00004	VALVULA DE REFLUXO
M-123G1B8O002.4	SIST_AQUEC	00005	SISTEMA DE AQUECIMENTO
M-123G1B8O002.5		00006	
M-123G1B8O002.6	RECIPIENTE	00007	RECIPIENTE POSICIONADO
M-123G1B8O002.7	LIGSM	00008	LIGA SISTEMA DE MONITORAÇÃO
M-123G2B8O002.0		00009	
M-123G2B8O002.1		00010	
M-123G2B8O002.2		00011	
M-123G2B8O002.3		00012	
M-123G2B8O002.4		00013	
M-123G2B8O002.5		00014	
M-123G2B8O002.6		00015	
M-123G2B8O002.7		00016	
VM1BG1T1I1.0	FIM	00017	FINALIZA UMA LINHA
VM1BG1T1I1.1	CMD_XV-01	00018	pss
VM1BG1T1I1.2	BT_GARRAFA	00019	INDICA QUE A GARRAFA ESTÁ OK
VM1BG1T1I1.3	FIM_CORTE	00020	INDICA FIM DE CORTE
VM1BG1T1I1.4	MONITORA	00021	INDICA QUE UM CORTE ESTÁ ACONTECENDO
VM1BG1T1I1.5	ALM_VOL	00022	ALARME INDICA QUE O VASO DE COLETA ENCHEU
VM1BG1T1I1.6	TROCA_G	00023	TROCAR GARRAFA
VM1BG1T1I1.7	FIM_GOTA	00024	A PRIMEIRA GOTA JÁ CAIU
VM1BG1T1I2.0	AMXV-01	00025	
VM1BG1T1I2.1	AMXV-04	00026	AUTO/MANUAL DA VÁLVULA DE COLETA
VM1BG1T1I2.2	CMD_XV-04	00027	COMANDO DO SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA ABRIR/FECHAR XV
VM1BG1T1I2.3		00028	
VM1BG1T1I2.4		00029	
VM1BG1T1I2.5		00030	
VM1BG1T1I2.6		00031	
VM1BG1T1I2.7		00032	
VM1BG1T1I3.0	SEL_DESB	00033	
VM1BG1T1I3.1	SEL_DEST	00034	
VM1BG1T1I3.2	SEL_DEST100	00035	
VM1BG1T1I3.3	SEL_DEST10	00036	
VM1BG1T1I3.4	INI_DESB	00037	
VM1BG1T1I3.5	INI_DEST	00038	INICIO DA DESTILAÇÃO
VM1BG1T1I3.6	INI_DEST100	00039	
VM1BG1T1I3.7	INI_DEST10	00040	
VM1BG1T1I4.0	FIM_DESBUT	00041	
VM1BG1T1I4.1	FIM_DEST	00042	
VM1BG1T1I4.2	FIM_DEST100	00043	
VM1BG1T1I4.3	FIM_DEST10	00044	
VM1BG1T1I4.4	INI_PROC	00045	
VM1BG1T1I4.5		00046	
VM1BG1T1I4.6		00047	
VM1BG1T1I4.7		00048	
VM1BG1T1I5.0	BT_DESB	00049	
VM1BG1T1I5.1	BT_DEST	00050	
VM1BG1T1I5.2	BT_DEST100	00051	
VM1BG1T1I5.3	BT_DEST10	00052	
VM1BG1T1I5.4		00053	
VM1BG1T1I5.5		00054	
VM1BG1T1I5.6		00055	
VM1BG1T1I5.7		00056	

Tag	User Label		Modbus Address	Description
TON	XV01OPEN	PST.TON.1	40001	Timer Preset Value of TON (0.01sec)
		BAS.TON.1	40002	
		STS.TON.1	40003	
		CTA.TON.1	40004	
TON	XV01CLOS	PST.TON.2	40005	Timer Preset Value of TON (0.01sec)
		BAS.TON.2	40006	
		STS.TON.2	40007	
		CTA.TON.2	40008	
CTU	CNT_CORT	PST.CTU.1	40009	Counter Preset Value of CTU
		STS.CTU.1	40010	
		CTA.CTU.1	40011	
CTU	ALTURA	PST.CTU.2	40012	Counter Preset Value of CTU
		STS.CTU.2	40013	
		CTA.CTU.2	40014	
CTU	ZERA_BTG	PST.CTU.3	40015	Counter Preset Value of CTU
		STS.CTU.3	40016	
		CTA.CTU.3	40017	
CTU	CNT_GARR	PST.CTU.4	40018	Counter Preset Value of CTU
		STS.CTU.4	40019	
		CTA.CTU.4	40020	
ICT	CORTES01	PRM1.ICT.1	40021	Constant Value 1 of ICT
		PRM2.ICT.1	40022	Constant Value 2 of ICT
		PRM3.ICT.1	40023	Constant Value 3 of ICT
		OUT1.ICT.1	40024	
		OUT2.ICT.1	40025	
		OUT3.ICT.1	40026	
ICT	CORTES02	PRM1.ICT.2	40027	Constant Value 1 of ICT
		PRM2.ICT.2	40028	Constant Value 2 of ICT
		PRM3.ICT.2	40029	Constant Value 3 of ICT
		OUT1.ICT.2	40030	
		OUT2.ICT.2	40031	
		OUT3.ICT.2	40032	
ICT	TQ_VAP	PRM1.ICT.3	40033	Constant Value 1 of ICT
		PRM2.ICT.3	40034	Constant Value 2 of ICT
		PRM3.ICT.3	40035	Constant Value 3 of ICT
		OUT1.ICT.3	40036	
		OUT2.ICT.3	40037	
		OUT3.ICT.3	40038	
ICT	CTEXV1_1	PRM1.ICT.4	40039	Constant Value 1 of ICT
		PRM2.ICT.4	40040	Constant Value 2 of ICT
		PRM3.ICT.4	40041	Constant Value 3 of ICT
		OUT1.ICT.4	40042	
		OUT2.ICT.4	40043	
		OUT3.ICT.4	40044	
ADD	ADD_PULS	OUT.ADD.1	40045	
MUL	N_G_NP_X	OUT.MUL.1	40046	
MUL	CALC_01	OUT.MUL.2	40047	
MUL	CALC_02	OUT.MUL.3	40048	

---

Tag	User Label		Modbus Address	Description
SUB	ACUM_PUL	OUT.SUB.1	40049	
SUB	SUB1	OUT.SUB.2	40050	
DIV	CALC_03	OUT.DIV.1	40051	
MUX	SEL_CORT	OUT.MUX.1	40052	
EQ	CMP_CORT	DBN.EQ.1	40053-40054	DEAD-BAND of EQ

---