

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO – LATO SENSU
ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO E MONTAGEM**

TRABALHO DE FIM DE CURSO

**DEFINIÇÃO DAS MALHAS DE CONTROLE DE PROCESSO
E DO COMISSIONAMENTO DE UMA PLANTA DE
SEPARAÇÃO TRIFÁSICA DE PETRÓLEO**

VINÍCIUS AIRÃO BARROS

**VITÓRIA – ES
Março/2009**

VINÍCIUS AIRÃO BARROS

**DEFINIÇÃO DAS MALHAS DE CONTROLE DE PROCESSO
E DO COMISSIONAMENTO DE UMA PLANTA DE
SEPARAÇÃO TRIFÁSICA DE PETRÓLEO**

Parte manuscrita do Trabalho de Fim de Curso elaborado por Vinícius Airão Barros e apresentado ao Colegiado do Curso de Pós-Graduação – Lato Sensu em Engenharia de Construção e Montagem do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, para obtenção do certificado de Especialista.

**VITÓRIA – ES
Março/2009**

VINÍCIUS AIRÃO BARROS

**DEFINIÇÃO DAS MALHAS DE CONTROLE DE PROCESSO
E DO COMISSIONAMENTO DE UMA PLANTA DE
SEPARAÇÃO TRIFÁSICA DE PETRÓLEO**

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Gilberto Costa Drumond Sousa
Orientador

Eng. Juventino Ribeiro Barros
Co-orientador

Prof. Msc. Temístocles de Sousa Luz
Examinador

Vitória - ES, 13 de Março de 2009

DEDICATÓRIA

À minha família, em especial à Aline, por terem me dado apoio durante todo o curso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus familiares por me darem todo o apoio necessário durante meus estudos.

Agradeço aos meus orientadores Gilberto Costa Drumond Sousa e Juventino Ribeiro Barros pelo apoio e orientação na elaboração deste trabalho.

Também agradeço à coordenação do curso e aos professores pela oportunidade de crescimento profissional dos alunos do curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Engenharia de Construção e Montagem.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Planta de processamento primário de petróleo.....	18
Figura 2 – Planta de separação e tratamento de petróleo	22
Figura 3 – Trocador de calor [3]	23
Figura 4 – Desidratador eletrostático de óleo [4].....	25
Figura 5 – Separador trifásico.....	26
Figura 6 – Separador trifásico.....	43
Figura 7 – Malhas de controle do separador trifásico [6,7]	44
Figura 8 – Pré-aquecedor óleo/água	44
Figura 9 – Malha de controle do pré-aquecedor óleo/água [6,7]	45
Figura 10 – Malha de controle do pré-aquecedor óleo/óleo [6,7]	46
Figura 11 – Sistema de controle e de emergência: separador trifásico de produção [6,7].....	48
Figura 12 – Lógica de emergência: separador trifásico de produção	50
Figura 13 – Lógica de emergência: separador trifásico de produção (continuação)	51
Figura 14 – Sistema de controle e de emergência: pré-aquecedor óleo/água [6,7].....	53
Figura 15 – Lógica de emergência: pré-aquecedor óleo/água	54
Figura 16 – Lógica de emergência: pré-aquecedor óleo/água (continuação)	55
Figura 17 – Sistema de controle e de emergência: pré-aquecedor óleo/óleo [6,7].....	56
Figura 18 – Lógica de emergência: pré-aquecedor óleo/óleo.....	58
Figura 19 – Lógica de emergência: pré-aquecedor óleo/óleo (continuação)	59
Figura 20 – Sistema de controle e de emergência: planta de separação trifásica [6,7].....	60
Figura 21 – Distribuição de equipamentos	64
Figura 22 – Estrutura analítica do projeto	65
Figura 23 – EAP: condicionamento.....	66

Figura 24 – EAP: comissionamento.....	66
Figura 25 – Rede de precedência: partida do sistema de separação e tratamento de petróleo.....	68
Figura 26 – Rede de precedência: equipamentos.....	69
Figura 27 – Rede de precedência: equipamentos (continuação)	69
Figura 28 – FVI para transmissor de pressão PT 304 [2].....	71
Figura 29 - Portas lógicas	79
Figura 30 - Temporizadores.....	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados do pré-aquecedor de óleo/água	41
Tabela 2 – Dados do pré-aquecedor de óleo/óleo	41
Tabela 3 – Dados do separador trifásico de produção	41
Tabela 4 – Modelo de entrada e saída: pré-aquecedor de óleo/água	41
Tabela 5 – Modelo de entrada e saída: pré-aquecedor de óleo/óleo.....	42
Tabela 6 – Modelo de entrada e saída: separador trifásico de produção.....	42
Tabela 7 – Modelo de entrada e saída global.....	42
Tabela 8 – Ações do sistema de emergência: separador trifásico	49
Tabela 9 – Ações do sistema de emergência: pré-aquecedor óleo/água.....	54
Tabela 10 – Ações do sistema de emergência: pré-aquecedor óleo/óleo.....	57
Tabela 11 – Lista de alarmes e <i>trips</i> do sistema de tratamento de óleo.....	77
Tabela 12 – Lista de controladores do sistema de tratamento de óleo	78

SIMBOLOGIA

Blpd – Barris de petróleo por dia
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
EV – Válvula de emergência
FC – Controlador de vazão
FT – Transmissor de vazão
FV – Válvula de controle de vazão
FVI – Folha de verificação de item
FVM – Folha de verificação de malha
LC – Controlador de nível
LSHH – Chave de nível muito alto
LSLL – Chave de nível muito baixo
LT – Transmissor de nível
LV – Válvula de controle de nível
PC – Controlador de pressão
Ppm – Parte por milhão
PSHH – Chave de pressão muito alta
PT – Transmissor de pressão
PV – Válvula de controle de pressão
TC – Controlador de temperatura
TOG – Teor de óleo e de graxa
TSHH – Chave de temperatura muito alta
TT – Transmissor de temperatura
TV – Válvula de controle de temperatura

GLOSSÁRIO

Demister – Extrator de névoa, utilizado no separador trifásico para reter o óleo carregado pelo gás durante o processo de separação.

Flare – É um equipamento projetado para atuar nas situações de transição do processo produtivo, como paradas e repartidas, além de ocorrências operacionais em que os produtos não estão especificados para envio aos clientes. Nos momentos de falha, o *flare* desempenha o seu papel fundamental de possibilitar o ajuste do processo de produção com segurança, através da queima dos gases contidos nas tubulações e nos equipamentos.

Gas Lift – Mecanismo de elevação artificial, que atua por injeção de gás no poço de petróleo reduzindo a densidade na coluna de produção.

BSW (Basic Sediments and Water) – Expressa o percentual de água e sedimentos contidos em uma amostra de petróleo.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	I
AGRADECIMENTOS	II
LISTA DE FIGURAS	III
LISTA DE TABELAS.....	V
SIMBOLOGIA.....	VI
GLOSSÁRIO	VII
RESUMO.....	XI
ABSTRACT	XII
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivo	15
1.2 Metodologia	15
1.3 Organização do trabalho	16
2 PROCESSAMENTO PRIMÁRIO DE PETRÓLEO.....	17
2.1 Introdução	17
2.2 Planta de processamento primário de petróleo	17
2.2.1 Tratamento do óleo	19
2.2.2 Tratamento da água	20
2.2.3 Tratamento do gás	20
2.3 Planta de separação e tratamento de petróleo [2]	21
2.4 Equipamentos da planta de separação e tratamento de petróleo	23
2.5 Separador trifásico de petróleo [2]	25
3 SISTEMAS DE CONTROLE.....	27
3.1 Introdução	27
3.2 Sistemas de controle [1,5].....	27
3.3 Segurança da planta [1,5]	29
3.3.1 Sistemas de segurança extrínsecos [1,5]	30
3.3.1.1 Sistemas de alarme.....	30
3.3.1.2 Sistemas de intertravamento.....	31
3.3.1.3 Sistemas de engatilhamento	32

3.4	Projeto de sistemas de controle [5]	33
3.4.1	Projeto de sistemas de controle via heurísticas	33
3.4.1.1	Seleção de variáveis controladas	33
3.4.1.2	Seleção de variáveis manipuladas	34
3.4.1.3	Seleção das variáveis de medição	35
3.4.1.4	Interações das malhas de controle	36
3.4.1.5	As variáveis independentes restantes.....	36
3.4.2	Projeto de sistemas de controle utilizando modelos [5]	37
3.4.2.1	Desenvolvimento do projeto	37
3.4.2.2	Combinação das matrizes	38
4	PROJETO DO SISTEMA DE CONTROLE.....	40
4.1	Introdução	40
4.2	Modelos de entrada e saída	40
4.2.1	Modelo de entrada e saída global.....	42
4.3	Segurança da instalação [5]	46
4.3.1	Pré-requisitos	46
4.3.2	Unidades da planta de separação	47
4.3.2.1	Separador trifásico de produção	47
4.3.2.2	Pré-aquecedor óleo/água do separador de produção	52
4.3.2.3	Pré-aquecedor óleo/óleo do separador de produção	56
5	CONDICIONAMENTO E COMISSIONAMENTO	61
5.1	Introdução	61
5.2	Condicionamento e comissionamento	61
5.3	Atividades de condicionamento e comissionamento	62
5.3.1	Atividades preparatórias no projeto	62
5.4	Planejamento do condicionamento e comissionamento da planta de separação trifásica	63
5.4.1	Divisão dos equipamentos da planta.....	63
5.4.2	Escopo do condicionamento e do comissionamento.....	64
5.4.3	Rede de precedência	66

5.4.3.1	Preparação para partida	67
5.4.4	Folhas de verificação de itens e Folhas de verificação de malhas.....	70
5.5	Atividades de condicionamento e comissionamento da planta de separação trifásica durante a obra	72
6	CONCLUSÕES	75
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
	APÊNDICE A.....	77
	APÊNDICE B.....	79

RESUMO

Este trabalho consiste na definição das malhas de controle de processo e das malhas do sistema de segurança e no planejamento do condicionamento e do comissionamento de uma planta de separação trifásica de petróleo.

As malhas de controle de processo foram definidas utilizando heurísticas e o método dos modelos de entrada e saída. Esses métodos foram empregados na escolha das variáveis controladas, das variáveis manipuladas e das variáveis de medição. Os sistemas de segurança foram desenvolvidos considerando-se a segurança das instalações e das pessoas, sendo independentes dos outros sistemas da planta.

A partir das malhas de controle de processos e dos sistemas de segurança foram definidas as atividades necessárias para o condicionamento e o comissionamento da planta.

ABSTRACT

This work consists of a safety and a process control systems project and a commissioning planning for a crude oil tri-phase separator.

There were used the heuristic-based and the input-output methods for the process control project, which were used for choosing controlled, measured and manipulated variables. The safety systems were developed considering the personnel and facilities security, being independent from other systems.

From safety and process control systems, there were defined the activities for plant commissioning.

1 INTRODUÇÃO

A crescente necessidade de se elevar a produção dos poços de petróleo, adicionada ao avanço de políticas e práticas de segurança tornam necessário o desenvolvimento de equipamentos e instalações que otimizem a produção de petróleo e aperfeiçoem os aspectos de segurança.

Na indústria de petróleo, os sistemas de controle são desenvolvidos de forma integrada à cadeia produtiva: arranjos de maneira que haja uma hierarquia e um fluxo contínuo de informações, desde a base da pirâmide, com os sistemas de medição da planta, até o seu topo, onde é definido o planejamento corporativo para o crescimento da empresa, passando pelos sistemas de coordenação da cadeia produtiva e pelo planejamento e otimização da produção.

Os sistemas de segurança têm um papel primordial para que a produção seja ótima, pois essa deve seguir as condições hierárquicas de: produção segura; produção estável; e, finalmente, produção otimizada. Dessa forma, os sistemas de segurança devem garantir a integridade das pessoas e de equipamentos envolvidos na cadeia produtiva e devem ser capazes de agir ao menor sinal real de perigo, conduzindo a planta a um estado seguro. Dessa forma, esses sistemas permitem a estabilidade da produção, papel desempenhado pelos sistemas de controle, e a otimização da mesma, a cargo do planejamento da produção, levando-se em conta o seqüenciamento, as limitações dos equipamentos e o aumento da vida útil dos mesmos.

O condicionamento e o comissionamento são atividades de suma importância durante o planejamento e a execução dos projetos de construção e montagem. Com a crescente necessidade de produção para o mercado

mundial, não é mais viável aguardar o término da construção e montagem da planta para realizar os testes e ajustes nos equipamentos e menos ainda não haver o controle da conservação dos mesmos. Assim, desenvolveu-se a prática de planejar o condicionamento, que consiste no conjunto de atividades necessárias para garantir a conservação dos equipamentos até a entrega da planta à operação, e o comissionamento, que consiste no conjunto de atividades para a entrega da planta em condições operacionais.

O planejamento do armazenamento e a preservação dos equipamentos, das atividades de *start-up*, dos testes de *performance* e da operação assistida irá garantir a entrega da planta dentro das especificações de projeto à operação, com um menor custo e em tempo bastante reduzido.

Hoje em dia óleo e gás são produzidos em quase todas as partes do mundo: desde poços privados, que produzem 100 barris de petróleo ao dia, até grandes poços, que produzem 4000 barris ao dia; de reservatórios com 20 metros de profundidade a reservatórios com 3000 metros de profundidade abaixo de uma coluna de água de 2000 metros. Mesmo com essa gama de possibilidades, muitos estágios do processamento de petróleo são bastante similares.

As plantas de processamento primário de petróleo são responsáveis pela separação do petróleo em produtos adequados ao mercado: óleo e gás, tratados e enquadrados em especificações cada vez mais exigentes. Além dos sistemas de produção, é necessária a presença de sistemas de utilidades, os quais irão prover a planta de água, energia, ar e outras correntes, necessárias para o processamento do petróleo.

A planta de separação trifásica de petróleo – parte da planta de processamento primário de petróleo – é o primeiro estágio de processamento

do óleo extraído. Essa planta objetiva separar o petróleo em três correntes: óleo, gás e água, cada uma sendo processada em seguida, seja para se enquadrarem aos requisitos do mercado seja para se enquadrarem a requisitos ambientais.

1.1 Objetivo

De acordo com as necessidades da indústria de petróleo, o objetivo deste projeto é definir as malhas de controle de processo, as malhas do sistema de segurança e o planejamento das atividades de condicionamento e comissionamento do trem de produção de uma planta de separação trifásica de petróleo, considerando os seguintes equipamentos: pré-aquecedor óleo/água, pré-aquecedor óleo/óleo e separador trifásico de produção.

1.2 Metodologia

Acerca dessas informações, tornou se necessário o desenvolvimento de uma metodologia de estudo do problema. Assim, realizou-se um estudo do funcionamento da planta de processamento primário de petróleo, abrangendo o sistema de separação trifásica de petróleo, o sistema de tratamento de óleo, o sistema de tratamento de água produzida e o sistema de processamento de gás.

Além de normas técnicas, também foram estudadas técnicas de projeto de malhas de controle pelo método dos modelos de entrada e saída e pelo método de heurísticas.

A partir dessas informações, foram definidas as malhas de controle de processo e as malhas do sistema de segurança de uma planta de separação trifásica de petróleo, levando-se em consideração os limites de trabalho dos equipamentos e a segurança das instalações.

Em seguida, foram definidas as atividades necessárias para o condicionamento e para o comissionamento do sistema de controle e do sistema de segurança.

1.3 Organização do trabalho

No capítulo 2, faz-se uma introdução sobre o processamento primário de petróleo, descrevendo-se os processos de tratamento de óleo, de gás e de água. Em seguida, descreve-se a planta de separação e tratamento de petróleo utilizada como base para o desenvolvimento do projeto, tratando-se de cada equipamento separadamente. Ao final, é feita uma descrição mais detalhada do funcionamento do separador trifásico de produção, foco deste projeto.

No capítulo 3, discorre-se sobre sistemas de controle de uma planta industrial e sobre a segurança de suas instalações. Em seguida, descreve-se o projeto de sistemas de controle via heurísticas e via modelos de entrada e saída.

No capítulo 4, definem-se as malhas de controle de processo e as malhas do sistema de emergência.

No capítulo 5, abordam-se o planejamento e as atividades de condicionamento e comissionamento da planta de separação trifásica de petróleo.

2 PROCESSAMENTO PRIMÁRIO DE PETRÓLEO

2.1 Introdução

Durante a vida de um reservatório de petróleo produz-se, geralmente, óleo, gás e água de forma simultânea, juntamente com algumas impurezas. Como o objetivo da indústria de petróleo é a produção de hidrocarbonetos, há a necessidade de se realizar um processamento primário do petróleo extraído.

O processamento primário do petróleo envolve [1]:

- A separação entre óleo, gás e água;
- O tratamento e o enquadramento do óleo e do gás (adequação a determinadas especificações da ANP) para que possam ser enviados aos clientes;
- O tratamento da água para reinjeção no processo ou descarte.

O processamento primário do petróleo extraído é feito em uma planta de separação, através de vasos separadores gravitacionais ou ciclônicos, de tratadores eletrostáticos, auxiliados pelo uso de produtos químicos e de fontes de calor, de acordo com os estágios do processo.

2.2 Planta de processamento primário de petróleo

A função da planta de processamento primário de petróleo (figura 1) é separá-lo em óleo, gás e água, enquadrando cada uma das correntes nas especificações necessárias.

O processo de separação se inicia em vasos separadores bifásicos ou trifásicos, dispostos em série ou em paralelo. No separador bifásico ocorre a separação entre gás e líquido, enquanto que no separador trifásico ocorre a separação entre óleo, gás e água.

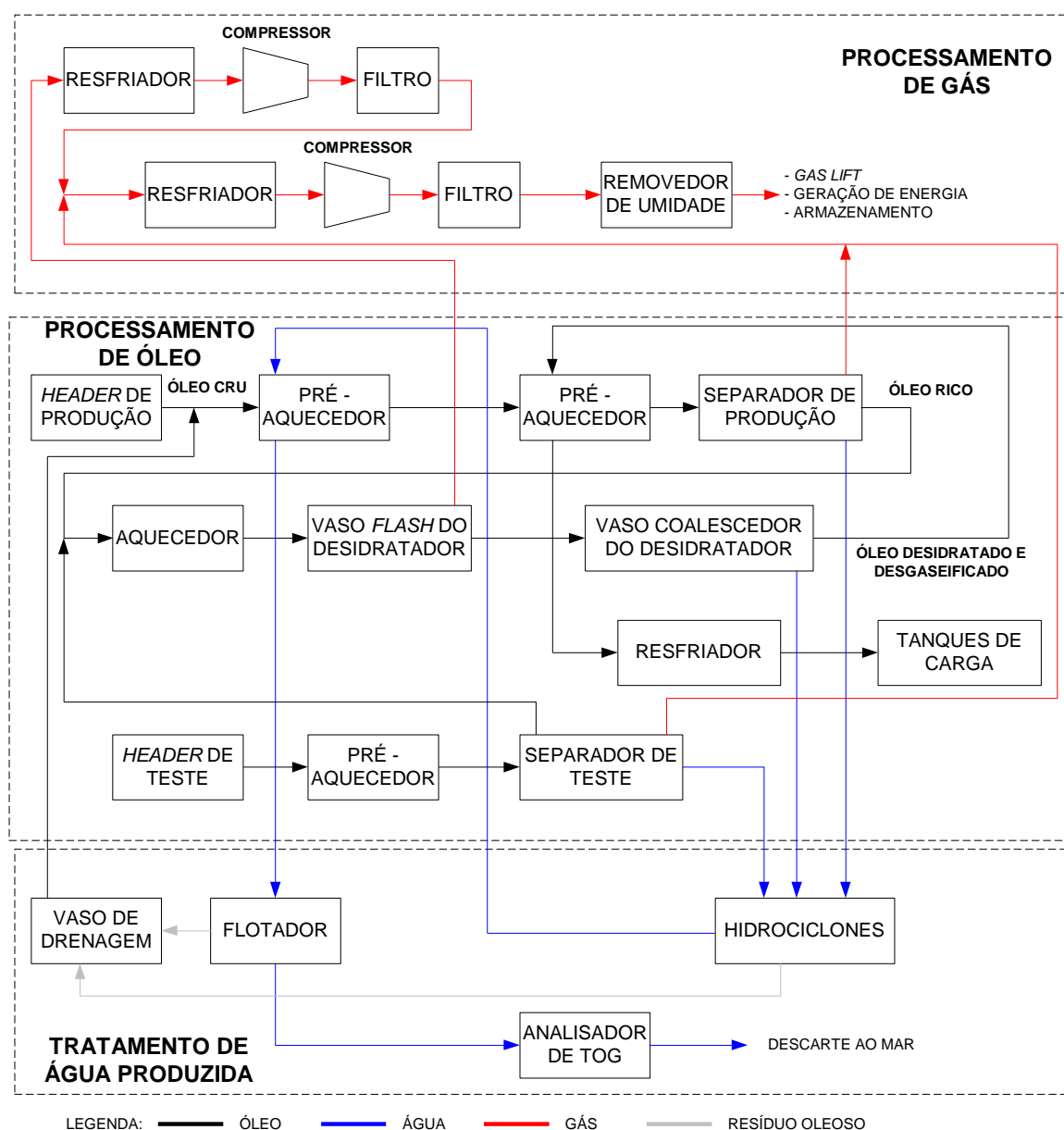


Figura 1 – Planta de processamento primário de petróleo

Os principais mecanismos para separação são [1]:

- Físicos: são mecanismos baseados na diferença de massa específica entre os fluidos. Esses podem ser gravitacionais (normal, inercial ou rotacional), podem utilizar fontes de calor ou a despressurização;
- Químicos: são mecanismos que dependem da adição de produtos químicos no processo. Esses podem ser aglutinação, dispersão e floculação;
- Eletrostáticos: são mecanismos baseados na coalescência dos líquidos.

2.2.1 Tratamento do óleo

O tratamento do óleo, após o processo de separação, objetiva eliminar a água e o gás remanescentes [1].

Um dos contaminantes mais indesejados é a água, pois sua presença normalmente esta associada à salinidade, o que provoca uma série de problemas nas etapas de produção, transporte e refino, tais como sobrecarga e corrosão dos equipamentos. Assim, a eliminação da água proporciona um maior tempo de operação da planta e reduz o custo e o tempo de manutenção dos equipamentos.

Para a eliminação da água que resta do processo de separação são utilizados processos físicos e químicos, tais como [1]:

- Adição de desemulsificante;
- Aquecimento;
- Aplicação de campo eletrostático.

A eliminação do gás remanescente do processo de separação de petróleo é feita pela queda brusca da pressão do líquido, no interior de um vaso, proporcionando o desprendimento do gás misturado ao óleo.

2.2.2 Tratamento da água

Geralmente, o tratamento da água proveniente do processo de separação é dividido em três etapas [1]:

- Desgaseificação;
- Separação água-óleo;
- Enquadramento da água, que pode ser destinada tanto à reinjeção quanto ao descarte.

Para reinjeção no processo, o tratamento da água produzida objetiva limitar a concentração de sólidos em suspensão, de materiais orgânicos e o teor de óleo e de graxa (TOG), evitando-se, assim, a obstrução dos reservatórios e o comprometimento da injetividade no mesmo. Para descarte, o tratamento objetiva adequar a composição da água aos limites normativos do CONAMA, em relação aos sólidos em suspensão, ao teor de óleo e de graxa (TOG) e a outros contaminantes, além de adequar a temperatura de despejo.

2.2.3 Tratamento do gás

O tratamento do gás, após o processo de separação, objetiva reduzir os teores de contaminantes, atendendo a especificações de segurança, de transporte e de tratamento posterior.

2.3 Planta de separação e tratamento de petróleo [2]

A planta de separação trifásica (figura 2) é responsável pela separação do óleo proveniente do poço em três componentes: óleo, água e gás.

Essa mistura é aquecida antes do processo de separação, sendo a energia térmica fornecida através da troca de calor entre a água quente, produzida na planta de utilidades, e o petróleo bruto. Para o recebimento de óleo na planta de processo há dois trens: um de produção e outro de teste.

A planta de processo utilizada como base para este projeto possui uma capacidade total de 9500 m³/dia de óleo, além da produção de 4800 m³/d de água (no caso de máxima produção de água), para um óleo com grau API em torno de 18.

O trem de produção, com capacidade de 40.000 blpd, possui dois estágios de aquecimento: o pré-aquecedor de óleo/água e o aquecedor de óleo/óleo, que recuperam calor do processo. O trem de teste, com capacidade de 20.000 blpd, possui somente um estágio de aquecimento, o pré-aquecedor de teste, que utiliza água quente como fonte de calor. Em ambos os sistemas de pré-aquecimento, o óleo cru é aquecido de 36°C para uma temperatura em torno de 90°C.

A fase rica em óleo, proveniente dos separadores trifásicos de produção e de teste é enviada para tratamento. Ela é aquecida até 140°C no aquecedor do desidratador do óleo, utilizando água quente como o meio de aquecimento. Em seguida, o óleo rico é enviado para o vaso *flash* do desidratador, que permite a separação do gás produzido e a estabilização do óleo. Após tal processamento, o óleo é enviado ao desidratador eletrostático.

O óleo estabilizado e desidratado é enviado ao Sistema de Medição Fiscal de Óleo Cru (ausente na figura 2), sendo resfriado anteriormente no pré-aquecedor de óleo/óleo do desidratador. O resfriamento final é, então, feito no resfriador de óleo, o qual reduz a temperatura do óleo tratado a menos de 50°C, permitindo seu armazenamento nos tanques de carga.

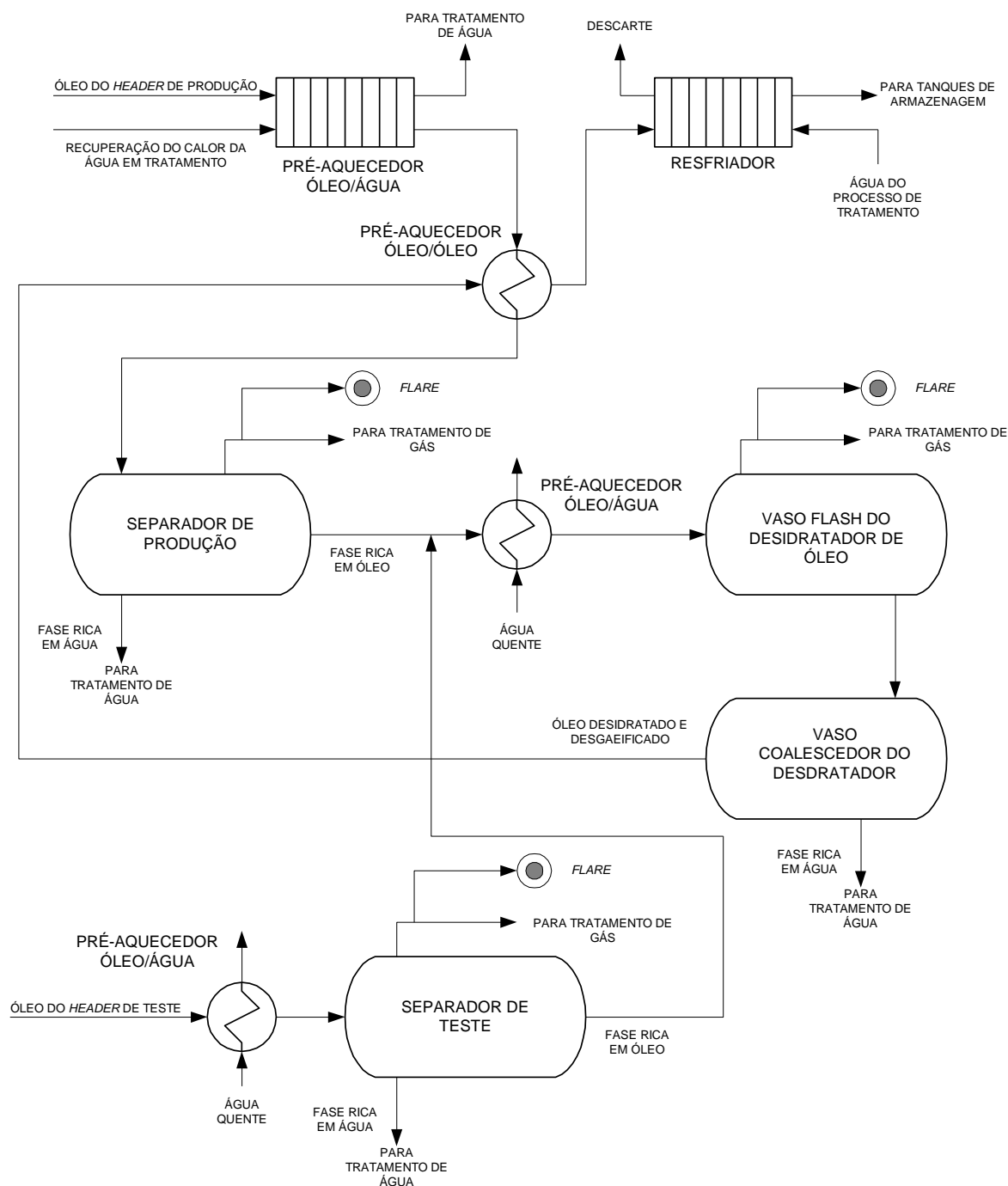


Figura 2 – Planta de separação e tratamento de petróleo

2.4 Equipamentos da planta de separação e tratamento de petróleo

O pré-aquecedor óleo/água (figura 3) é responsável pela primeira etapa de aquecimento do trem de produção [1]. Sua função é recuperar o calor produzido após o tratamento da água nos hidrociclones e pré-aquecer a alimentação da mistura trifásica do *header* de produção. A temperatura na saída dos permutadores de calor óleo/água depende da quantidade de água produzida, o que varia de acordo com a curva de produção.

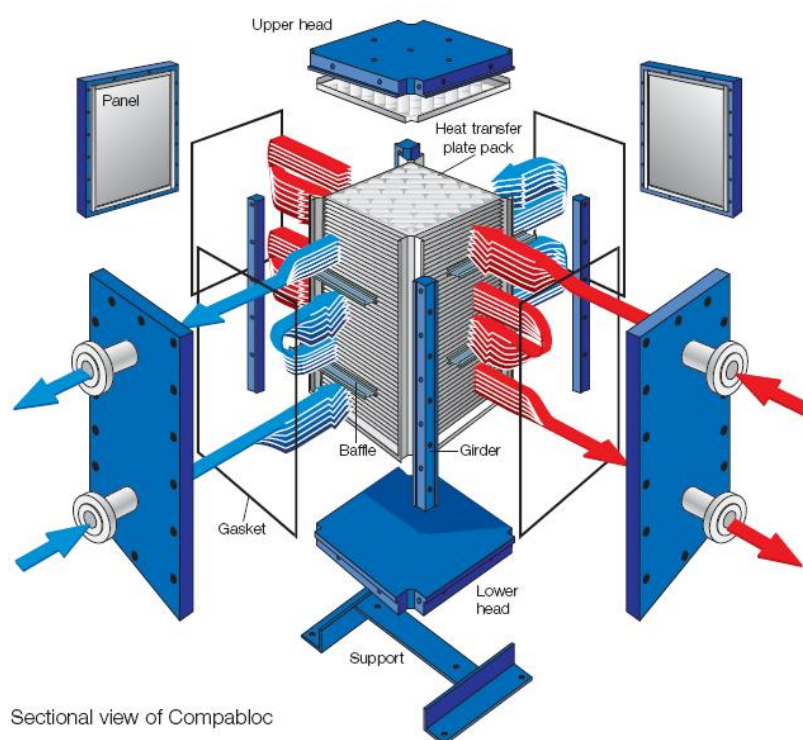


Figura 3 – Trocador de calor [3]

O pré-aquecedor óleo/óleo é responsável pela segunda etapa de aquecimento do trem de produção [1]. Sua função é recuperar o calor utilizado pelo processo de separação e de tratamento do óleo produzido nos trens de produção e de teste e pré-aquecer a alimentação da mistura que será enviada para o vaso do separador trifásico de produção.

O pré-aquecedor óleo/água, do trem de teste, é responsável pelo aquecimento da mistura trifásica enviada ao separador. Sua função é pré-aquecer a alimentação da mistura trifásica do *header* de teste, obtendo energia pela troca de calor com a de água quente produzida.

Os separadores trifásicos de produção e de teste têm a função de separar o petróleo extraído em três fases distintas: óleo, água, gás [1]. Para que a separação seja efetuada, utilizam-se variações bruscas de direção do fluido, quedas de pressão e removedores de névoa, para separação entre o gás e o líquido, e placas horizontais que facilitam a separação entre a água e o óleo, cujo mecanismo está baseado na diferença de massa específica, sendo necessário um tempo de residência em torno de 10 minutos no interior do vaso.

O aquecedor óleo/água do desidratador de óleo é responsável pelo aquecimento da fase rica em óleo enviada aos equipamentos de desgaseificação e desidratação de óleo, que separa a água do óleo por meio de forças eletrostáticas e o gás do óleo pela queda brusca de pressão e por movimentos rotacionais. Sua fonte de energia é a água quente produzida na planta.

O sistema de desidratação de óleo é compreendido pelo vaso de *flash* do desidratador de óleo, onde se separa o gás do óleo, e pelo desidratador eletrostático de óleo (figura 4) [1].

O desidratador eletrostático (desidratador coalescedor) é completamente ocupado por líquidos: água abaixo e óleo acima. No seu interior, eletrodos formam um campo elétrico que altera a forma das gotas de água e destrói a barreira isolante de óleo na emulsão de óleo e água. As placas de campo são geralmente de aço e cobertas de um material dielétrico para prevenir curtos-

circuitos. A resistência dielétrica do óleo – o que define a intensidade e a frequência do campo elétrico – está entre 0,2 e 2,0 kV/cm, dependendo de sua composição.

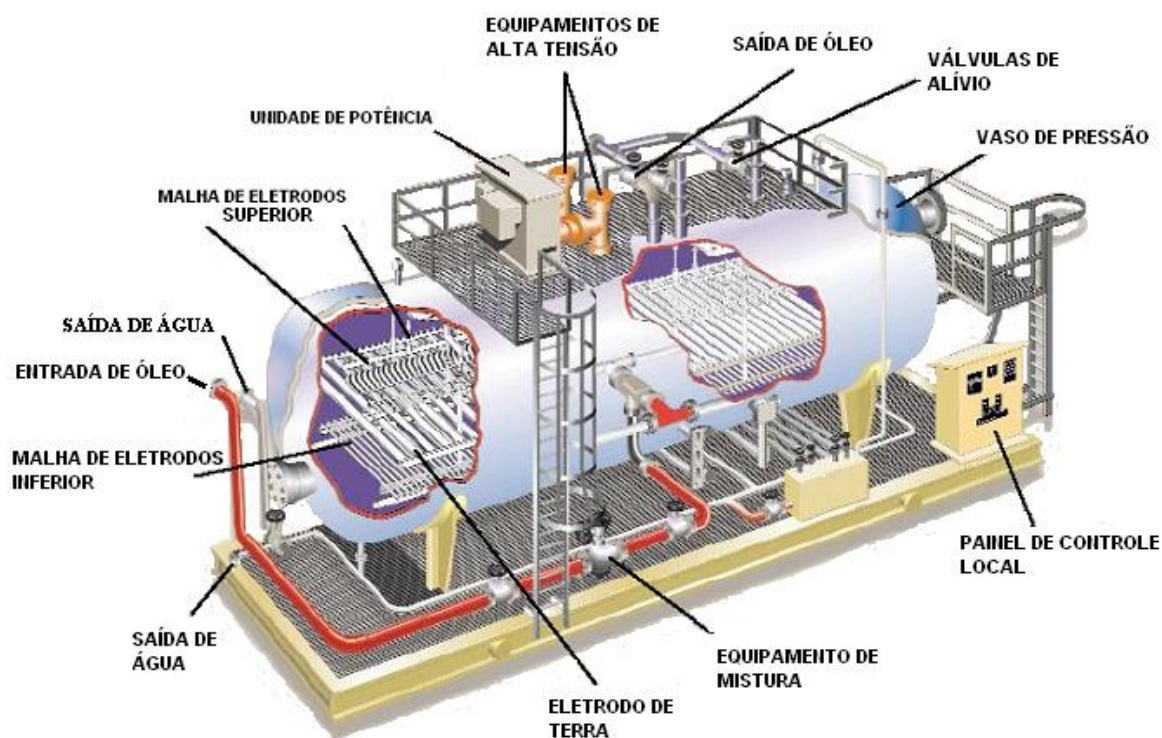


Figura 4 – Desidratador eletrostático de óleo [4]

O objetivo do resfriador óleo/água é resfriar o óleo a uma temperatura adequada para armazenamento nos tanques de carga e transporte.

2.5 Separador trifásico de petróleo [2]

Um vaso separador trifásico típico (figura 5) possui quatro seções distintas: seção de separação primária; seção de acumulação de líquido; seção de separação secundária; e seção aglutinadora.

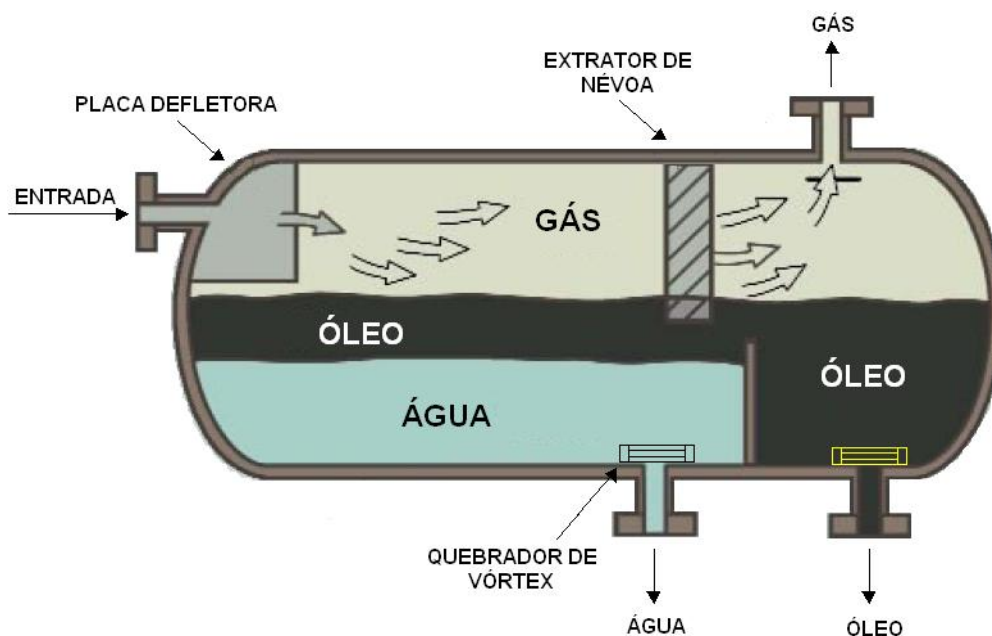


Figura 5 – Separador trifásico

Na seção de separação primária, o fluido ou se choca com defletores ou é dirigido a um difusor, que lhe impõe um movimento giratório. É nessa seção que a maior parte do gás se separa da fase líquida.

Na seção de acumulação de líquido ocorre o desprendimento das bolhas de gás que ainda permaneciam no líquido após a seção de separação primária. Para que o desprendimento seja efetivo, o líquido deve permanecer retido durante certo tempo, chamado de tempo de residência.

Na seção de acumulação de líquido também se separa a água do óleo, através do transbordamento do óleo sobre uma barreira, sendo necessário o controle do nível da interface entre os dois líquidos.

Na seção de separação secundária ocorre a separação das gotículas menores de líquido, que foram carregadas pelo gás após a separação primária.

Na seção aglutinadora, as gotículas arrastadas pelo gás são aglutinadas em meios porosos (extratores de névoa) e recuperadas.

3 SISTEMAS DE CONTROLE

3.1 Introdução

Os sistemas de controle são projetados para atingirem três objetivos, de forma hierárquica: manutenção da operação segura; manutenção da operação estável e manutenção da operação ótima [5].

Essas funções são desempenhadas pelos sistemas de segurança, pelos sistemas de controle de processos, que atuam de forma integrada, a fim de garantir que a operação seja segura e estável, e pelo planejamento e otimização da produção, para se obter a operação ótima da planta, levando-se em conta os limites de produção e a vida útil dos equipamentos

Este capítulo trata dos sistemas de controle e da segurança das instalações.

3.2 Sistemas de controle [1,5]

Os sistemas de controle de processos são utilizados para a monitoração das variáveis de processo e para o controle dos equipamentos das plantas. As grandes plantas industriais necessitam de um sistema de controle distribuído dedicado ao processo, devido à grande quantidade de equipamentos a controlar. O objetivo de tal sistema é fazer a leitura dos valores de um grande número de sensores, executar programas que monitoram o processo e comandar os atuadores para controlar a planta.

Um sistema de controle é formado por:

- Instrumentação de campo: sensores e chaves que disponibilizam os valores das variáveis do processo, tais como temperatura, pressão e vazão. Esses equipamentos são conectados aos controladores por cabos elétricos (*hot-wired*) ou por barramentos de comunicação (e.g. *fieldbus*);
- Atuadores: equipamentos de controle, tais como válvulas, chaves elétricas e *drives*, que também são conectados aos controladores por cabos elétricos ou por barramentos de comunicação;
- Controladores: executam os algoritmos de controle, que decidem quais as ações devem ser tomadas. O controlador também gera eventos e alarmes baseados nas mudanças de estado e nas condições do processo, além de enviar dados ao operador e aos sistemas de informação da planta;
- Servidores: executam o processamento dos dados do processo de produção para que sejam apresentados e arquivados;
- Clientes: estações de engenharia e de operação para interface do sistema de controle com o homem.

O controle é tipicamente implementado em programas de computador como uma combinação de funções de lógica e de controle.

Para sistemas em particular, uma biblioteca de soluções padrão, tais como malhas de controle de nível e malhas de controle de motores, pode ser utilizada, o que significa que o sistema pode ser especificado como uma combinação de malhas típicas.

3.3 Segurança da planta [1,5]

O sistema de controle de processo deve manter as variáveis operacionais da planta, tais como nível, temperatura e pressão, dentro dos limites normais de operação. Os sistemas de parada de emergência (ESD) e os sistemas de parada de processo tomam ações quando o processo se encaminha para o mau funcionamento ou para um estado inseguro.

Assim, esses sistemas monitoram quatro conjuntos de valores de processo: muito baixo (LL); baixo (L); alto (H); e muito alto (HH). Os níveis L e H são limites de advertência, que alertam sobre distúrbios no processo. Os níveis LL e HH são condições de emergência, informando que o processo está operando fora dos limites seguros e que existe a possibilidade de ocorrerem eventos indesejáveis.

A atuação dos sistemas de segurança não é baseada somente na informação de um único sensor, sendo necessária a atuação de um conjunto de sensores para se caracterizar uma condição insegura. Além disso, os sensores considerados críticos para a segurança das pessoas e das instalações são instalados em um esquema de redundância, para que pelo menos um deles aponte uma condição perigosa.

Transmissores dedicados são utilizados para sistemas de segurança, sendo preferíveis em relação a chaves, devido a um melhor diagnóstico da medição. As ações de parada de emergência são definidas em uma matriz de causa e efeito e são baseadas no estudo do processo.

3.3.1 Sistemas de segurança extrínsecos [1,5]

Existem três tipos de sistemas de controle adicionados à planta para melhorar sua segurança:

- Alarmes: avisos aos operadores da planta que, a não ser que uma atitude seja tomada, uma situação potencialmente perigosa pode ocorrer;
- Intertravamentos: sistemas de controle automáticos que previnem que o operador realize ações que possam levar a situações perigosas ou que possam danificar os equipamentos;
- Gatilhos (*trips*): sistemas de controle automáticos que detectam uma situação potencialmente perigosa, realizando uma série de ações para retornar a planta à operação segura.

3.3.1.1 Sistemas de alarme

Para que os alarmes sejam efetivos, eles devem operar sinalizando ao operador antes que uma situação perigosa ocorra, com tempo suficiente para que ele [5]:

- Leia a mensagem do alarme e avalie sua importância;
- Faça uma checagem, cruzando a variável que está no alarme com outras para avaliar se ele é real ou uma falha de algum instrumento;
- Diagnostique a falha fundamental que tenha gerado o alarme;
- Realize a ação corretiva apropriada;
- Permita que o processo responda à ação de correção.

Um alarme que não permite a realização dessas ações é de pouco valor.

Desde o advento dos sistemas de controle distribuídos, tornou-se muito fácil adicionar um alarme em qualquer variável, tanto medida quanto calculada. Anteriormente, tomava-se cuidado ao escolher quais variáveis teriam alarme. Atualmente, deve-se ter cautela ao adicionar alarmes em todas as variáveis, pois se aumenta o risco de todos serem acionados ao haver uma grande ocorrência na planta e não haver tempo hábil para o operador tratá-los adequadamente.

Assim, é necessário um estudo da planta para evitar a ocorrência de uma avalanche de alarmes, devendo ser respeitados os limites normativos de número de alarmes no tempo. É desejável que a planta seja provida de um sistema de gerenciamento de alarmes, o qual fixa um limite temporal de volume de alarmes humanamente perceptível, evitando-se assim uma avalanche de informações.

Para que se tenha rastreabilidade de ocorrências, é necessário o registro histórico das ocorrências, das atuações das anomalias dos sistemas que compõem a planta.

3.3.1.2 Sistemas de intertravamento

Devido à garantia de segurança, sistemas de intertravamento são freqüentemente desenvolvidos utilizando um equipamento diferente daquele do sistema de controle regulatório, mesmo se este for capaz de implementar a lógica de intertravamento [5].

Os sistemas de intertravamento são combinações lógicas de certos eventos. São utilizados elementos lógicos comuns, tais como OR, AND, XOR, NOT e TIME DELAY (ver apêndice B). Esses sistemas podem ser implantados utilizando lógica digital ou combinação de relés eletromecânicos.

3.3.1.3 Sistemas de engatilhamento

A segurança dos trabalhadores da planta depende dos sistemas de engatilhamento, sendo essencial que estes trabalhem de acordo com seu projeto e que se mantenham íntegros [5].

Um sistema de engatilhamento deve ser composto de sensores, cabos, suprimentos de energia e lógica totalmente separados do sistema de controle regulatório. Caso ocorra alguma falha no sistema de controle, este não deve afetar o sistema de engatilhamento.

Geralmente a ação dos sistemas de engatilhamento é desativar a planta. Esta é a ação correta para situações de risco, porém esta medida afeta o plano de produção em curto prazo. Assim, raramente esses sistemas são acionados em razão de uma única medição e sim em razão de uma combinação de sinais. Normalmente, utilizam-se múltiplos sensores, avaliando-se até quando é seguro continuar a operação.

Um sistema de engatilhamento é projetado de tal forma para, quando perder alimentação, continuar ainda capaz de retornar a planta para um estado seguro. Isso só é possível por meio da escolha cuidadosa de quais chaves serão normalmente abertas ou normalmente fechadas, na lógica de engatilhamento, e pela direção de falha de todas as válvulas acionadas.

Para garantir que os sistemas de engatilhamento funcionem bem, devem ser realizados testes regulares de funcionamento.

3.4 Projeto de sistemas de controle [5]

3.4.1 Projeto de sistemas de controle via heurísticas

Processos são dinâmicos por natureza, operando de acordo com seus balanços de massa e de energia, sendo sujeitos a numerosos distúrbios. Os modelos qualitativos de balanços de massa e de energia possuem informações necessárias para o projeto de controle via heurísticas.

Uma abordagem para o projeto de sistemas de controle é [5]:

- Escolha das variáveis controladas;
- Escolha da variável manipulada para cada variável controlada;
- Checagem de acoplamentos entre malhas, tanto entre variáveis controladas quanto entre variáveis controladas e variáveis manipuladas;
- Redução dos efeitos das variáveis independentes restantes;
- Priorização do controle dos balanços de massa e, então, o controle dos balanços de energia.

3.4.1.1 Seleção de variáveis controladas

O número de variáveis de estado para qualquer processo é geralmente grande, mesmo para os mais simples. As recomendações seguintes são importantes na seleção de variáveis controladas:

1. Escolher as variáveis de estado que representem os balanços que não são auto-regulatórios (processos que não atingem um estado estacionário após uma entrada em degrau);
2. Escolher as variáveis de estado que, mesmo sendo auto-regulatórias, possam exceder as limitações do equipamento ou do processo;
3. Escolher as variáveis de estado que, mesmo sendo auto-regulatórias, possam interagir seriamente com outros processos;
4. Escolher as variáveis de estado que sejam uma medição direta da qualidade do produto ou que a afetem fortemente;

Se o número de variáveis controladas ultrapassar o número de variáveis manipuláveis disponíveis, sugere-se reavaliar somente as recomendações 2, 3 e 4.

3.4.1.2 Seleção de variáveis manipuladas

Uma vez escolhidas as variáveis controladas a partir das variáveis de estado, necessário se faz escolher o mesmo número de variáveis manipuladas:

5. A variável manipulada deve, preferencialmente, afetar a variável controlada diretamente ao invés de indiretamente;
6. Sensibilidade: o valor do ganho entre a variável controlada e a variável manipulada deve ser o maior possível;
7. Velocidade de resposta: qualquer atraso ou constante de tempo associada a uma possível variável manipulada deve ser pequeno em comparação à constante de tempo da variável de estado;

8. A extensão das interações com outros balanços deve ser minimizada;
9. Recirculação de distúrbios: é preferível a escolha de um fluxo (transporte de energia ou de massa) de saída como variável controlada, que se desfaça dos distúrbios, ou de um fluxo projetado para absorvê-los. Fluxos de entrada recirculam os distúrbios e devem ser evitados ao máximo;

Em casos bem simples é possível encontrar variáveis independentes que satisfaçam todos os critérios. A importância relativa de cada condição deve ser considerada e o melhor compromisso deve ser selecionado como variável manipulada.

3.4.1.3 Seleção das variáveis de medição

Para que se possa regular eficientemente o desempenho do processo é essencial que se mensure as variáveis controladas selecionadas ou as variáveis relacionadas a elas.

10. Sensibilidade: as variáveis a serem medidas devem ser sensíveis às menores mudanças nas variáveis de estado;
11. Selecionar pontos de medição que minimizem atrasos e constantes de tempo.

3.4.1.4 Interações das malhas de controle

Após a escolha dos objetivos de controle, das variáveis manipuláveis e das variáveis de medida, deve ser realizada uma avaliação geral do que já foi definido. Existe um número de áreas de possível interação:

- Sobreposição de malhas: algumas variáveis manipuladas podem estar sendo utilizadas para controlar mais de uma malha;
- Fluxos recirculantes: deve-se tomar cuidado com todos os fluxos recirculantes em relação à possibilidade de recirculação de distúrbios.

3.4.1.5 As variáveis independentes restantes

Uma vez finalizada a seleção de variáveis controladas, deve-se examinar cautelosamente as variáveis independentes. Caso sejam uma possível fonte de distúrbios, é desejável reduzir seu impacto no sistema de controle. Para isso:

- O projeto do equipamento ou seus arranjos podem ser modificados;
- Malhas de controle podem ser instaladas;
- Procedimentos de operação devem ser especificados.

3.4.2 Projeto de sistemas de controle utilizando modelos [5]

Modelo de entrada e saída

O modelo de entrada e saída apresenta a relação estrutural entre variáveis manipuladas e objetivos de controle, indicando que uma variável manipulada arbitrária possui algum efeito sobre algum objetivo de controle [5]. Essas relações podem ser complexas, envolvendo mais de uma variável mensurada.

Os modelos de entrada e saída são matrizes de causa e efeito, sendo necessária a independência entre as relações de causa e efeito para um projeto adequado. Deve-se, inicialmente, proceder a uma avaliação para definir os modelos de cada seção do processo e, então, desenvolver a estrutura de controle para toda a planta.

3.4.2.1 Desenvolvimento do projeto

Uma abordagem do desenvolvimento do projeto envolve os seguintes passos [5]:

1. Especificar as possíveis variáveis manipuláveis e os objetivos de controle para cada unidade de operação do processo;
2. Desenvolver os modelos de entrada e saída para cada unidade de operação, visando à obtenção de relações independentes;
3. Combinar os modelos individuais, gerando uma matriz de todo o processo;

4. Alcançar a ‘controlabilidade estrutural’ de todo o processo, eliminando variáveis manipuláveis (linhas) e/ou objetivos de controle (colunas) se necessário;
5. Gerar um emparelhamento das variáveis manipuladas e dos objetivos de controle, reordenando a matriz do processo.

3.4.2.2 Combinação das matrizes

Este passo deve ser executado para toda planta, a fim de se desenvolver um projeto integrado, evitando-se, assim, a existência de objetivos de controle inconsistentes ou o uso múltiplo de variáveis manipuladas. O procedimento de combinação das matrizes de diferentes unidades do processo é [5]:

- Adicionar, para cada unidade, um único identificador para os nomes das variáveis manipuladas e dos objetivos de controle;
- Concatenar as variáveis manipuladas e os objetivos de controle das unidades e preencher a matriz preliminar;
- Onde houver uma variável de entrada de uma unidade que seja a variável de saída manipulada de uma unidade adjacente, unir as colunas eliminando uma delas;
- Onde houver uma variável manipulada em uma unidade que seja o objetivo de controle de outra unidade adjacente, unir a coluna da variável manipulada a todas as outras que tenham um **X** na linha do objetivo de controle, eliminando a variável manipulada;
- Eliminar as linhas de qualquer objetivo de controle indesejado.

Existem várias maneiras de se abordar o projeto de blocos de grande interação [5]:

- As interações podem ser examinadas qualitativamente, sendo removidas aquelas julgadas fracas ou lentas;
- As interações podem ser examinadas quantitativamente para se definir aquelas de menor grau nas malhas de realimentação;
- Um controlador multivariável pode ser utilizado caso as interações sejam julgadas fortes.

4 PROJETO DO SISTEMA DE CONTROLE

4.1 Introdução

Este capítulo descreve uma proposta de malhas de controle de processo para um trem de separação trifásica petróleo. Utilizou-se o método dos modelos de entrada e saída para a definição das malhas de controle, levando-se em consideração as recomendações do método via heurísticas para a escolha das variáveis manipuladas e dos objetivos de controle.

Em seguida, propõe-se um sistema de segurança, de acordo com os pré-requisitos de segurança de uma planta industrial. São apresentadas as malhas desse sistema e a lógica de intertravamento de cada subsistema da planta.

4.2 Modelos de entrada e saída

O projeto é baseado no trem de produção da planta de separação trifásica e de tratamento de petróleo. As unidades operacionais que compõem o sistema são: pré-aquecedor óleo/água; pré-aquecedor óleo/óleo; e separador trifásico.

Para a elaboração da matriz de entrada e saída do sistema de controle de processo, primeiramente se listam as variáveis manipuláveis e o objetivos de controle da planta. As variáveis manipuláveis e os objetivos de controle de cada unidade operacional estão dispostos nas tabelas abaixo:

Tabela 1 – Dados do pré-aquecedor de óleo/água

Variável Manipulável		Objetivos de Controle	
VEOA	Vazão de entrada de óleo	TSOA	Temperatura de saída do óleo
VEAA	Vazão de entrada de água		
VSOA	Vazão de saída de óleo		
VSAA	Vazão de saída de água		
PEOA	Pressão de entrada de óleo		
PEAA	Pressão de entrada de água		

Tabela 2 – Dados do pré-aquecedor de óleo/óleo

Variável Manipulável		Objetivos de Controle	
VEOC	Vazão de entrada de óleo cru	TSOC	Temperatura de saída do óleo cru
VEOR	Vazão de entrada de óleo rico		
VSOC	Vazão de saída de óleo cru		
VSOR	Vazão de saída de óleo rico		
PEOC	Pressão de entrada de óleo cru		
PEOR	Pressão de entrada de óleo rico		

Tabela 3 – Dados do separador trifásico de produção

Variável Manipulável		Objetivos de Controle	
VEOS	Vazão de entrada de óleo	VEOS	Vazão de entrada de óleo
VSOS	Vazão de saída de óleo		
VSAS	Vazão de saída de água	PIS	Pressão interna
VSGS	Vazão de saída de gás	LOS	Nível do tanque de óleo
		LOAS	Nível da interface óleo/água

Os modelos de entrada e saída indicam a relação estrutural entre as variáveis manipuláveis e os objetivos de controle. As matrizes das unidades operacionais estão listadas abaixo: nas linhas estão os objetivos de controle e nas colunas estão as variáveis manipuláveis.

Cada **X** na tabela indica que uma variável em particular possui algum efeito sobre o objetivo de controle.

1. Pré-aquecedor óleo/água

Tabela 4 – Modelo de entrada e saída: pré-aquecedor de óleo/água

	VEOA	VEAA	VSOA	VSAA	PEOA	PEAA
TSOA	X	X	X	X		

2. Pré-aquecedor óleo/óleo

Tabela 5 – Modelo de entrada e saída: pré-aquecedor de óleo/óleo

	VEOC	VEOR	VSOC	VSOR	PEOC	PEOR
TSOC	X	X	X	X		

3. Separador Trifásico – Produção

Tabela 6 – Modelo de entrada e saída: separador trifásico de produção

	VEOS	VSOS	VSAS	VSGS	VEOA
VEOS	X				X
PIS	X	X	X	X	X
LOS	X	X	X		X
LOAS	X		X		X

4.2.1 Modelo de entrada e saída global

A matriz global reúne os modelos de entrada e saída de cada unidade da planta. Será abordada, a seguir, a escolha dos objetivos de controle e das variáveis manipuladas.

Tabela 7 – Modelo de entrada e saída global

	VEAA	VEOR	VSOS	VSAS	VSGS	VEOA
TSOA	X					
TSOC		X				
VEOS						X
PIS					X	
LOS			X			
LOAS				X		

Separadores trifásicos de produção e de teste

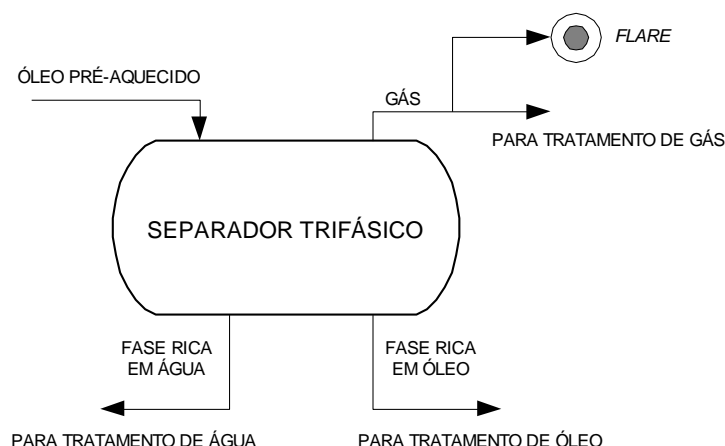


Figura 6 – Separador trifásico

A operação da planta de separação de óleo (figura 6) é ajustada em torno do funcionamento do separador trifásico. Seguindo sua matriz, as variáveis manipuláveis utilizadas são:

- Vazão de saída de óleo: utilizada para o controle do nível de óleo;
- Vazão de saída de água: utilizada para o controle do nível de interface óleo/água;
- Vazão de saída de gás: utilizada para o controle da pressão interna;
- Vazão de entrada de óleo proveniente do pré-aquecedor óleo/água: utilizada para o controle da vazão de entrada de óleo.

Apesar de as variáveis de controle serem auto-regulatórias, elas podem exceder os limites do processo. Os controles de nível e de pressão utilizam as únicas variáveis manipuláveis possíveis, as quais afetam diretamente os objetivos de controle e previnem a recirculação de distúrbios. A vazão de entrada de óleo é controlada por sua entrada no pré-aquecedor óleo/água, prevenindo a elevação de pressão para além do permitido nos trocadores de calor anteriores ao separador (figura 7).

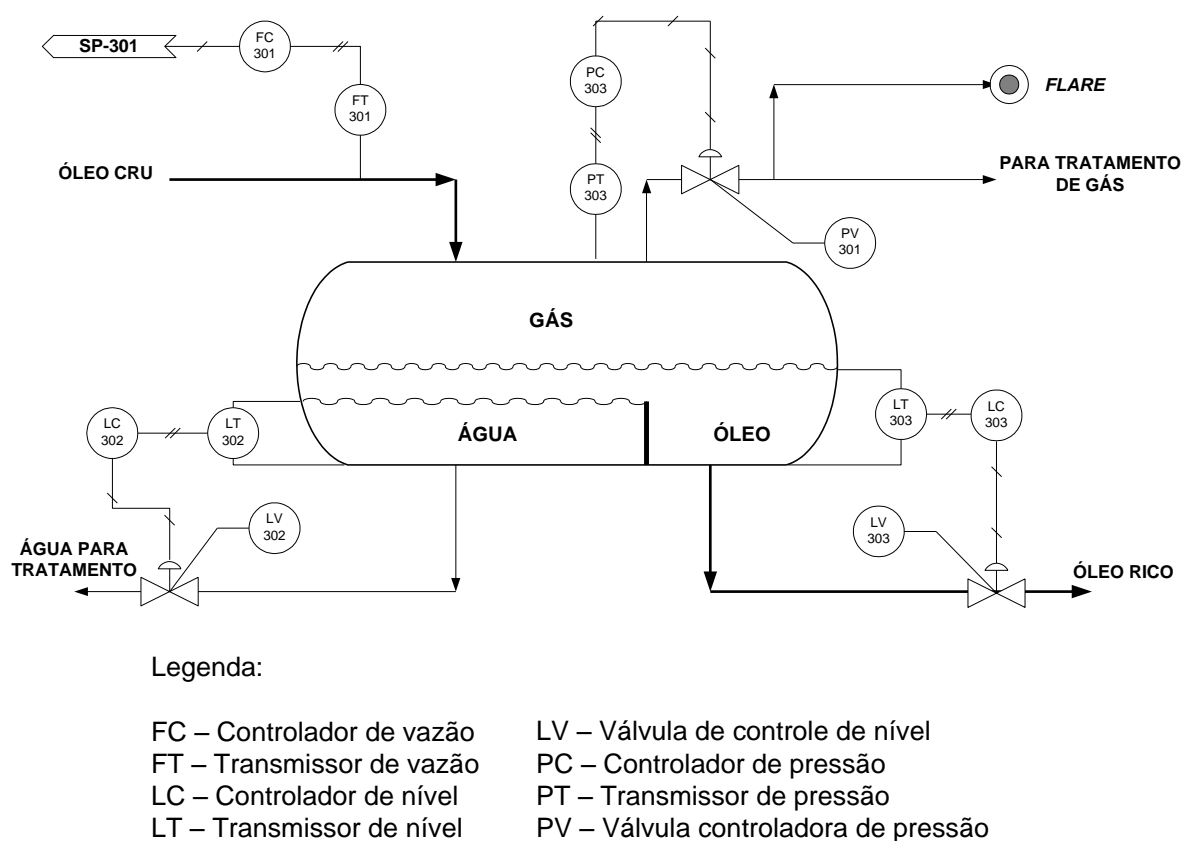


Figura 7 – Malhas de controle do separador trifásico [6,7]

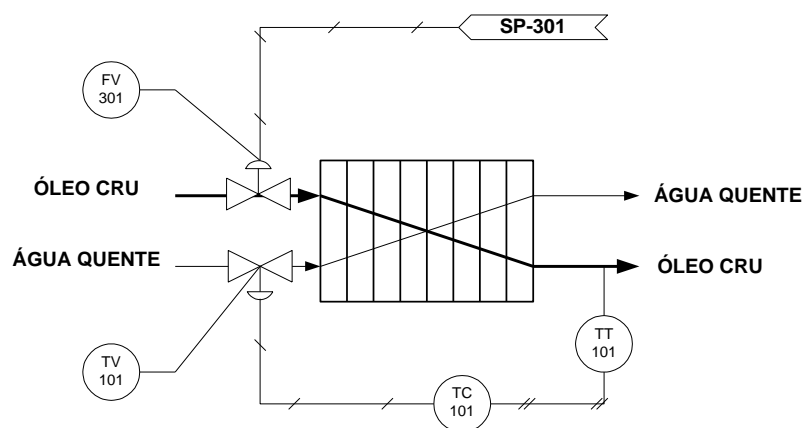
Pré-aquecedor óleo/água



Figura 8 – Pré-aquecedor óleo/água

O pré-aquecedor óleo/água (figura 8) possui um objetivo de controle: a temperatura de saída de óleo, sendo a variável manipulada a vazão de entrada de água quente. Essa escolha previne o aumento de pressão no interior do trocador de calor, o que ocorreria se fosse controlada a saída de água quente. A vazão de óleo, que poderia ser utilizada no controle de

temperatura, já é utilizada para controle da vazão de entrada no separador trifásico (figura 9).



Legenda:

SP – Valor de referência

FV – Válvula de controle de vazão

TT – Transmissor de temperatura

TC – Controlador de temperatura

TV – Válvula controladora de temperatura

Figura 9 – Malha de controle do pré-aquecedor óleo/água [6,7]

Pré-aquecedor óleo/óleo

Assim como o pré-aquecedor óleo/água, o pré-aquecedor óleo/óleo possui um objetivo de controle: a temperatura de saída de óleo, sendo a variável manipulada a vazão de entrada de óleo quente (figura 10).

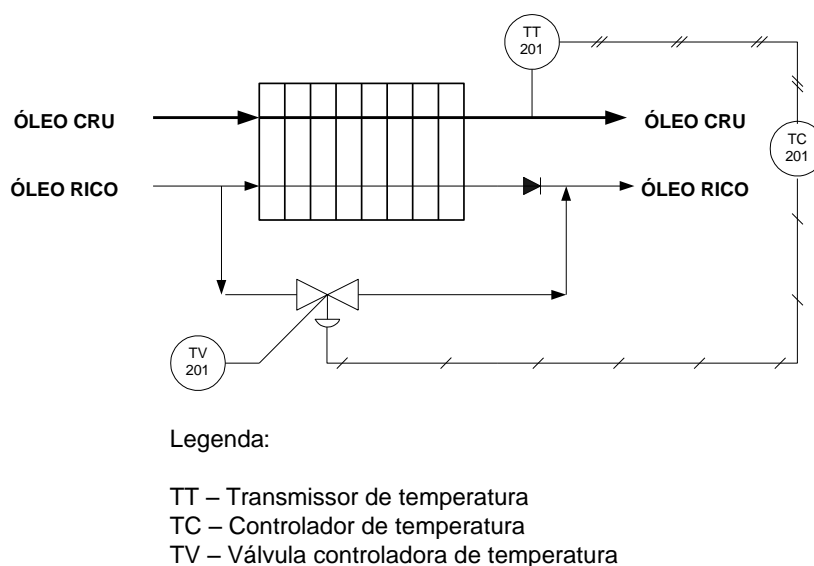


Figura 10 – Malha de controle do pré-aquecedor óleo/óleo [6,7]

4.3 Segurança da instalação [5]

A operação segura é pré-requisito básico para qualquer planta industrial. Para o projeto de sistema de segurança, devem-se levar em consideração as condições e o seqüenciamento de partida, de operação e de parada da planta, as quais são controladas pelo sistema de intertravamento.

Para a segurança da planta também são utilizados os sistemas de engatilhamento e de alarme.

4.3.1 Pré-requisitos

Os sistemas de segurança devem ter a capacidade de manter a planta em condições seguras de operação. Em plantas de óleo e gás, a primeira ação desse sistema é isolar o equipamento e despressurizá-lo.

Os principais requisitos são desses sistemas são [5]:

- Reagir à menor possibilidade de ocorrência de uma situação perigosa;
- Ser imune a eventos não perigosos ou ao mau funcionamento do próprio sistema.

4.3.2 Unidades da planta de separação

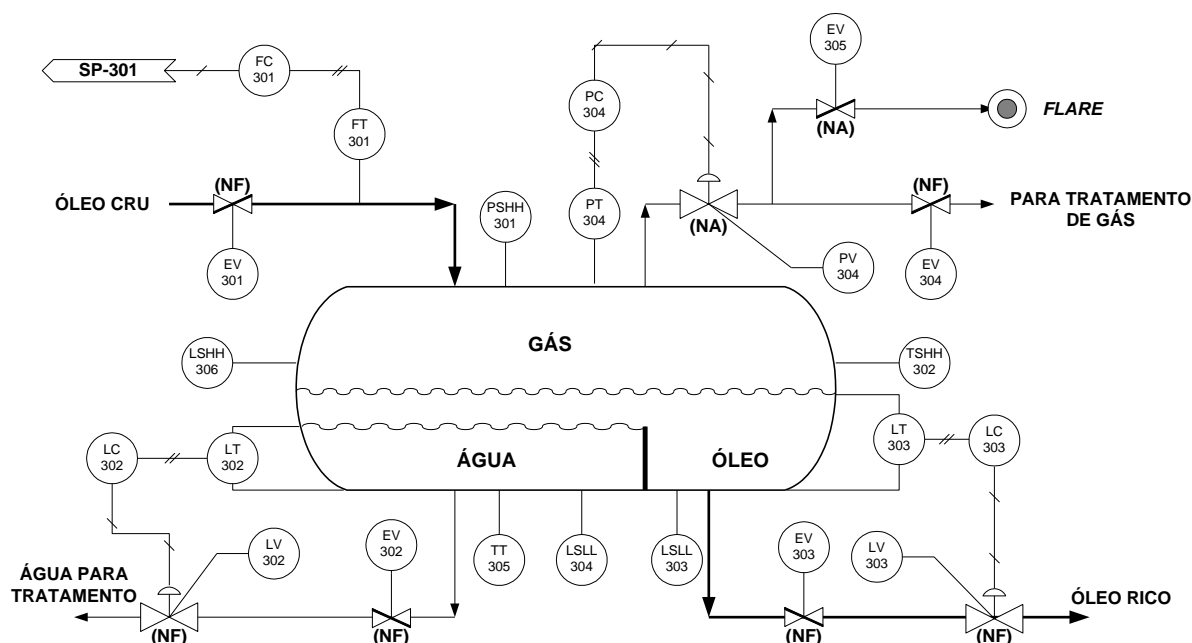
4.3.2.1 Separador trifásico de produção

A operação do separador trifásico de produção (figura 11) depende da manutenção das variáveis de processo em faixas seguras para operação.

Para esse fim, são monitoradas quatro variáveis do processo:

- Nível de óleo;
- Nível da interface entre óleo e água;
- Pressão interna;
- Temperatura de operação.

O nível de óleo é monitorado: quando ele está muito alto, aciona-se um alarme, situação que impediria a entrada de petróleo, e quando está em nível muito baixo, aciona-se outro, situação que levaria à entrada de gás na tubulação de óleo. No primeiro caso, deve-se paralisar a injeção de óleo e liberar sua saída e, no segundo caso, deve-se paralisar a saída de óleo e liberar gás para o *flare*.



Legenda:

FC – Controlador de vazão
 FT – Transmissor de vazão
 LC – Controlador de nível
 LT – Transmissor de nível

LV – Válvula de controle de nível
 PC – Controlador de pressão
 PT – Transmissor de pressão
 PV – Válvula controladora de pressão

EV – Válvula de emergência
 SP – Valor de referência
 PSHH – Chave de pressão muito alta
 TSHH – Chave de temperatura muito alta
 LSL – Chave de nível muito baixo

TT – Transmissor de temperatura
 LSHH – Chave de nível muito alto
 NA – Válvula normal aberta
 NF – Válvula normal fechada

Figura 11 – Sistema de controle e de emergência: separador trifásico de produção [6,7]

O mesmo ocorre com o nível da interface entre óleo e água: alarma-se em nível muito alto, situação em que a água transbordaria para a seção de óleo e, em nível muito baixo, situação que levaria à entrada de gás na tubulação de água. No primeiro caso, deve-se paralisar a injeção de óleo e liberar a saída de água e, no segundo caso, paralisar a saída de água e liberar gás para o flare.

A pressão interna alarma em nível muito alto, o que pode ocasionar a explosão do vaso, e, em nível muito baixo, fugindo das condições ótimas de

operação. No primeiro caso, deve-se interromper as linhas de entrada e de saída de óleo e de entrada de água, além de liberar o gás para o *flare*.

Em relação à temperatura do vaso, alarma-se em nível muito alto, sendo necessário interromper a linha de entrada de óleo e liberar o gás para o *flare*.

Essas ações do sistema de segurança podem ser sem traduzidas na tabela 8 e nas figuras 12 e 13.

Tabela 8 – Ações do sistema de emergência: separador trifásico

Separador Trifásico de Produção											
		EV 301		EV 302		EV 303		EV 304		EV 305	
		Abrir	Fechar	Abrir	Fechar	Abrir	Fechar	Abrir	Fechar	Abrir	Fechar
Pressão Interna	HH		X		X		X		X	X	
Nível de Óleo	HH		X	X		X		X			X
	LL	X			X		X		X	X	
Nível da Interface	HH		X	X			X	X			X
	LL	X			X	X			X	X	
Temperatura	HH		X	X		X			X	X	

Legenda: HH – muito alto; LL – muito baixo

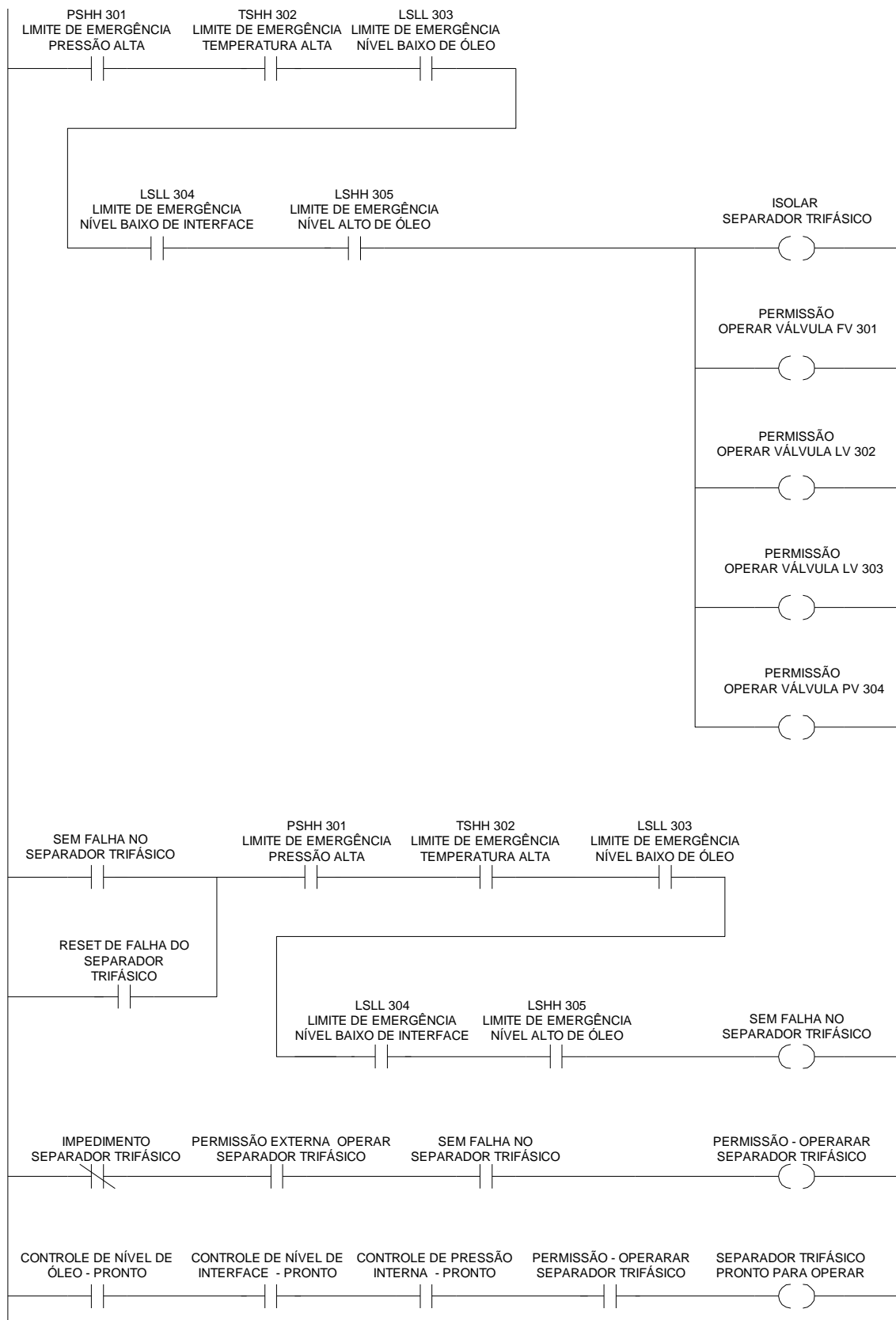


Figura 12 – Lógica de emergência: separador trifásico de produção

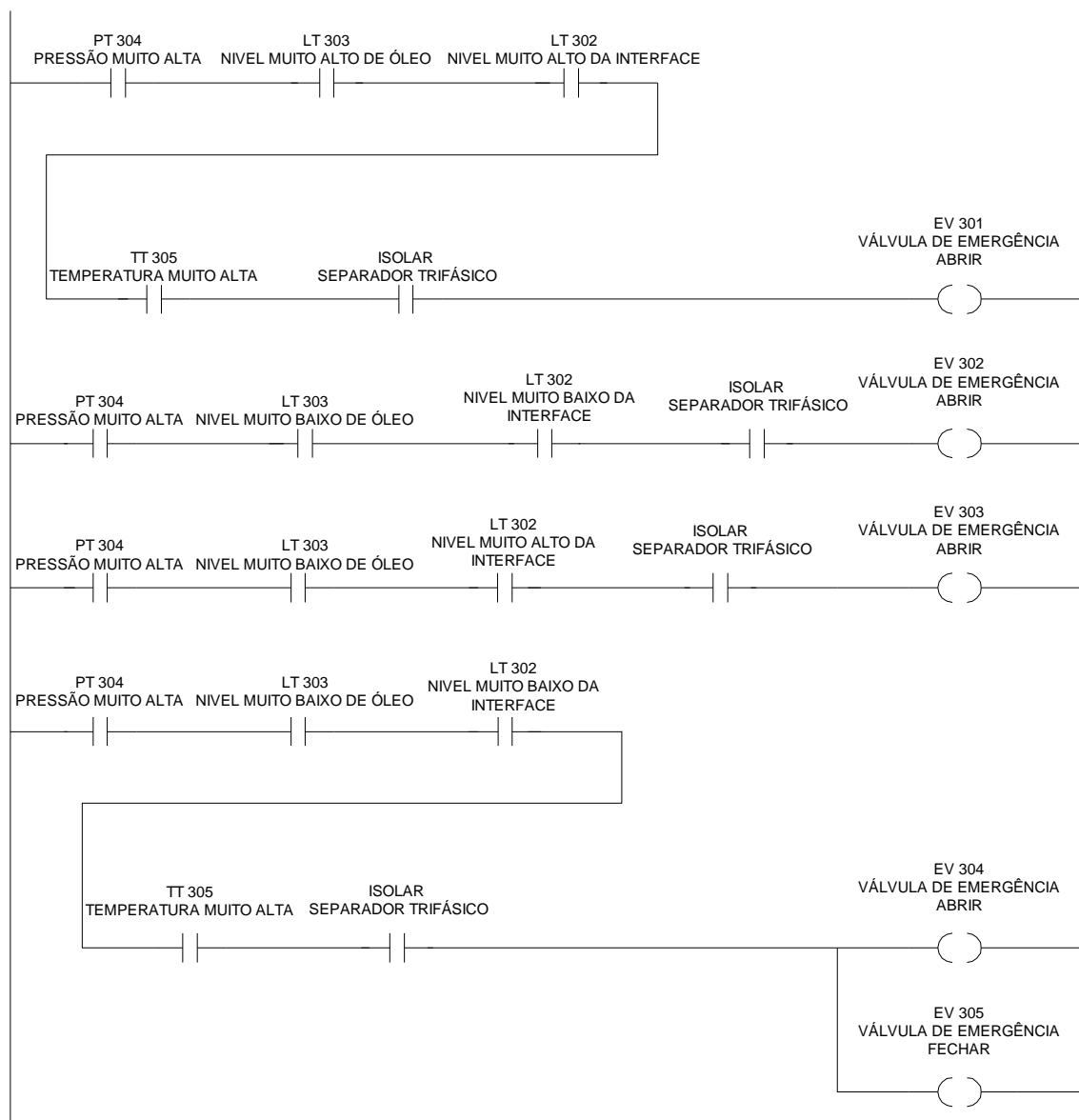


Figura 13 – Lógica de emergência: separador trifásico de produção (continuação)

No diagrama *ladder* utiliza-se lógica inversa. Assim, quando as chaves estão energizadas (ou fechadas), indica-se uma condição segura.

Também são utilizadas chaves limites PSHH (chave de pressão muito alta), TSHH (chave de temperatura muito alta), LSHH (chave de nível muito alto) e LSLI (chave de nível muito baixo), que permanecem ativas – com circulação de corrente elétrica – quando o sistema está em condições seguras de operação. Caso essas condições não sejam satisfeitas, essas chaves abrem

seu circuito, sinalizando ao sistema de emergência a ocorrência de uma condição insegura e a necessidade de parada de emergência.

Em plantas de óleo e gás, a primeira ação no caso de emergência é isolar o equipamento e despressurizá-lo. No caso do separador trifásico, interrompem-se as linhas de entrada e saída de óleo e de saída de água e se libera o gás para o *flare*. Essas ações são tomadas pelas válvulas de emergência e de controle, que possuem direção de falha NA (normal aberto) ou NF (normal fechado) de acordo com sua localização no equipamento.

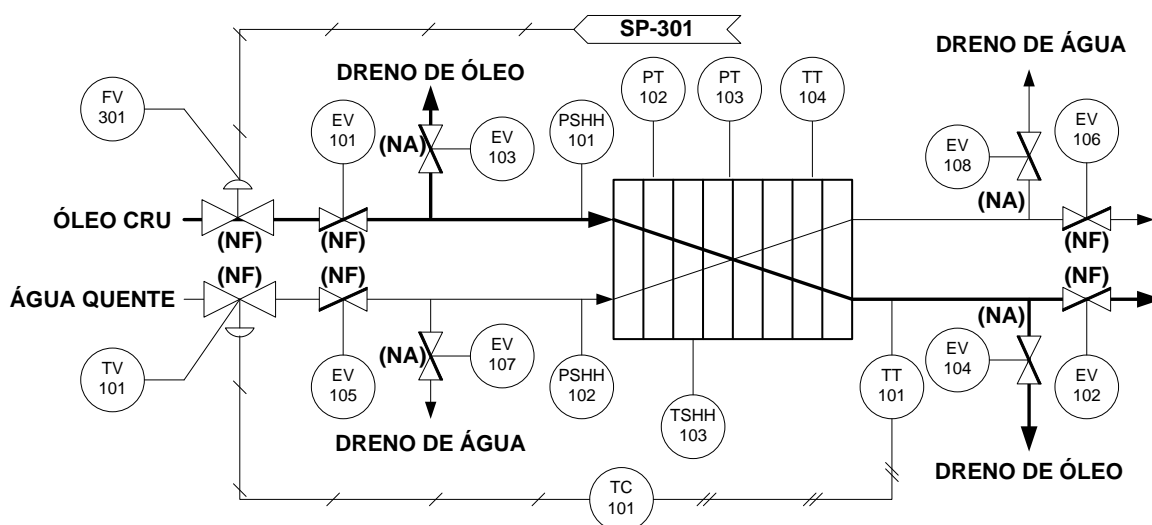
Para que o separador trifásico esteja pronto para operar novamente, o operador deve ativar o *reset* de falhas. Assim, a indicação de falha é retirada se não houver condição insegura no equipamento. Caso as malhas de controle também estejam prontas, o separador trifásico estará apto para operar novamente.

4.3.2.2 Pré-aquecedor óleo/água do separador de produção

A operação segura dos pré-aquecedores óleo/água de produção e de teste (figura 14) depende da manutenção das variáveis de processo em faixas seguras para operação.

São monitoradas três variáveis do processo:

- Pressão de óleo;
- Pressão da água;
- Temperatura do trocador.



Legenda:

FV - Válvula de controle de vazão

PT - Transmissor de pressão

TT - Transmissor de temperatura

EV - Válvula de emergência

SP - Valor de referência

PSHH - Chave de pressão muito alta

TC - Controlador de temperatura

TV - Válvula controladora de temperatura

TSHH - Chave de temperatura muito alta

NA - Válvula normal aberta

NF - Válvula normal fechada

Figura 14 – Sistema de controle e de emergência: pré-aquecedor óleo/água [6,7]

A pressão do óleo é monitorada, alarmando em nível muito alto, sendo necessário interromper a linha de entrada e abrir os drenos de óleo. A temperatura do trocador também é monitorada, alarmando em nível muito alto, sendo necessário interromper a linha de entrada de água quente e abrir os drenos de água. Caso o sistema de óleo esteja interrompido por algum motivo, é aberto o dreno de óleo na saída do trocador de calor. No caso da pressão da água, há um alarme para nível muito alto, sendo necessário interromper a linha e abrir o dreno de água.

Essas ações do sistema de segurança podem ser sem traduzidas na tabela 9 e nas figuras 15 e 16.

Tabela 9 – Ações do sistema de emergência: pré-aquecedor óleo/água

Pré-aquecedor óleo/água do separador trifásico de produção																	
		EV 101		EV 102		EV 103		EV 104		EV 105		EV 106		EV 107		EV 108	
		Abrir	Fechar	Abrir	Fechar	Abrir	Fechar	Abrir	Fechar	Abrir	Fechar	Abrir	Fechar	Abrir	Fechar	Abrir	Fechar
Pressão de Óleo	HH		X		X	X		X		X		X			X		X
Pressão da Água	HH	X		X			X		X		X		X	X		X	
Temperatura	HH	X		X			X		X		X		X	X		X	

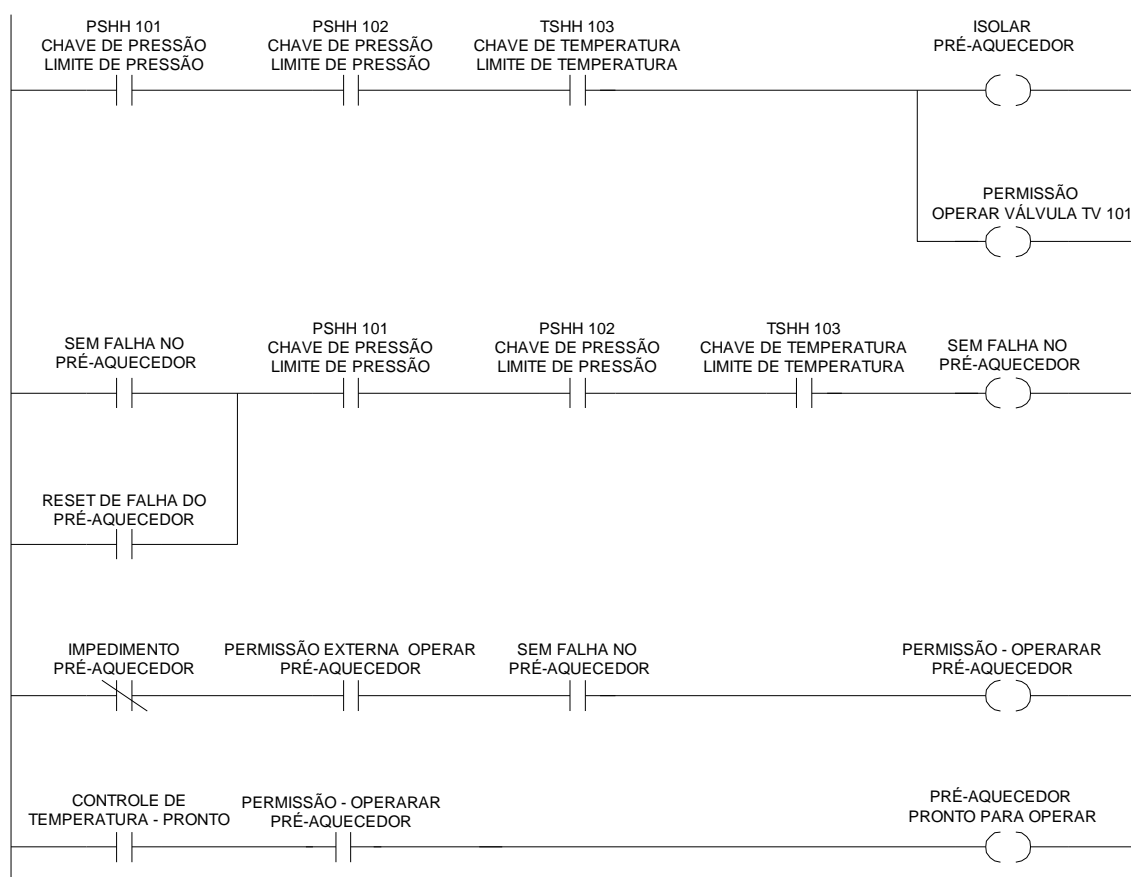


Figura 155 – Lógica de emergência: pré-aquecedor óleo/água

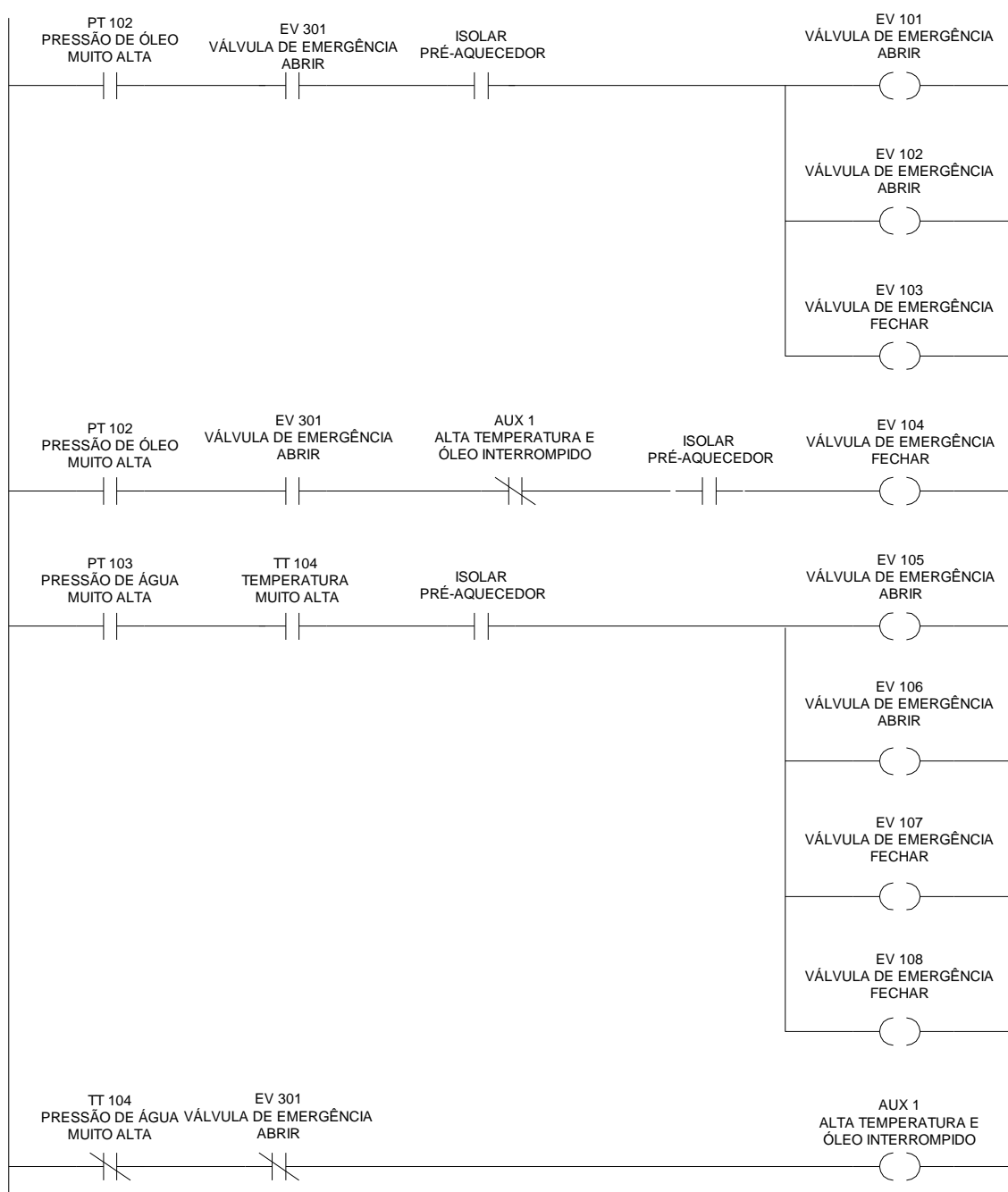


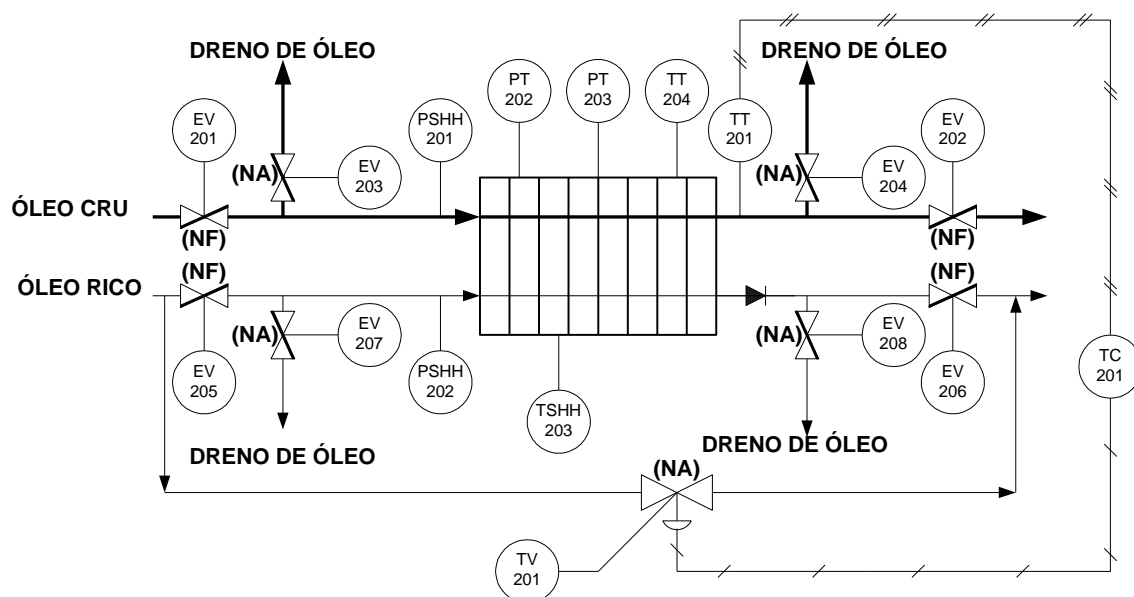
Figura 166 – Lógica de emergência: pré-aquecedor óleo/água (continuação)

Em plantas de óleo e gás, a primeira ação no caso de emergência é isolar o equipamento e despressurizá-lo. No caso do pré-aquecedor óleo/água interrompem-se as linhas de entrada e saída de óleo e de água e libera-se o conteúdo das tubulações de entrada e de saída para o sistema de drenagem. Essas ações são realizadas pelas válvulas de emergência e de controle, que

possuem direção de falha NA (normal aberto) ou NF (normal fechado) de acordo com sua localização no equipamento.

Para que o pré-aquecedor óleo/água esteja pronto para operar novamente, o operador deve acionar o *reset* de falhas. Assim, o sinal de falha é retirado se não houver condição insegura no equipamento. Caso as malhas de controle também estejam prontas, o pré-aquecedor óleo/água estará apto para operar novamente.

4.3.2.3 Pré-aquecedor óleo/óleo do separador de produção



Legenda:

FV - Válvula de controle de vazão
PT - Transmissor de pressão
TT - Transmissor de temperatura

TC - Controlador de temperatura
TV - Válvula controladora de temperatura

EV - Válvula de emergência
SP - Valor de referência
PSHH - Chave de pressão muito alta

TSHH - Chave de temperatura muito alta
NA - Válvula normal aberta
NF - Válvula normal fechada

Figura 17 – Sistema de controle e de emergência: pré-aquecedor óleo/óleo [6,7]

A operação segura do pré-aquecedor óleo/óleo (figura 17) depende da manutenção das variáveis de processo em faixas seguras para operação.

São monitoradas três variáveis do processo:

- Pressão de óleo cru;
- Pressão de óleo rico;
- Temperatura do trocador.

A pressão do óleo cru é monitorada, alarmando em nível muito alto, sendo necessário interromper a linha e abrir os drenos de óleo cru. A temperatura do trocador também é monitorada alarmando em nível muito alto, sendo necessário interromper a linha e abrir o dreno de óleo rico. Caso o sistema de óleo cru esteja interrompido por algum motivo, é aberto o dreno de óleo cru na saída do trocador de calor. No caso da pressão de óleo rico, há um alarme para nível muito alto, sendo necessário interromper a linha e abrir o dreno de óleo rico e abrir a válvula de controle.

Essas ações do sistema de segurança podem ser sem traduzidas na tabela 10 e nas figuras 18 e 19.

Tabela 10 – Ações do sistema de emergência: pré-aquecedor óleo/óleo

Pré-aquecedor óleo/óleo																	
		EV 201		EV 202		EV 203		EV 204		EV 205		EV 206		EV 207		EV 208	
		Abrir	Fechar	Abrir	Fechar	Abrir	Fechar	Abrir	Fechar	Abrir	Fechar	Abrir	Fechar	Abrir	Fechar	Abrir	Fechar
Pressão de Óleo Cru	HH		X		X	X		X		X		X			X		X
Pressão da Óleo Rico	HH	X		X			X		X		X		X	X		X	
Temperatura	HH	X		X			X		X		X		X	X		X	

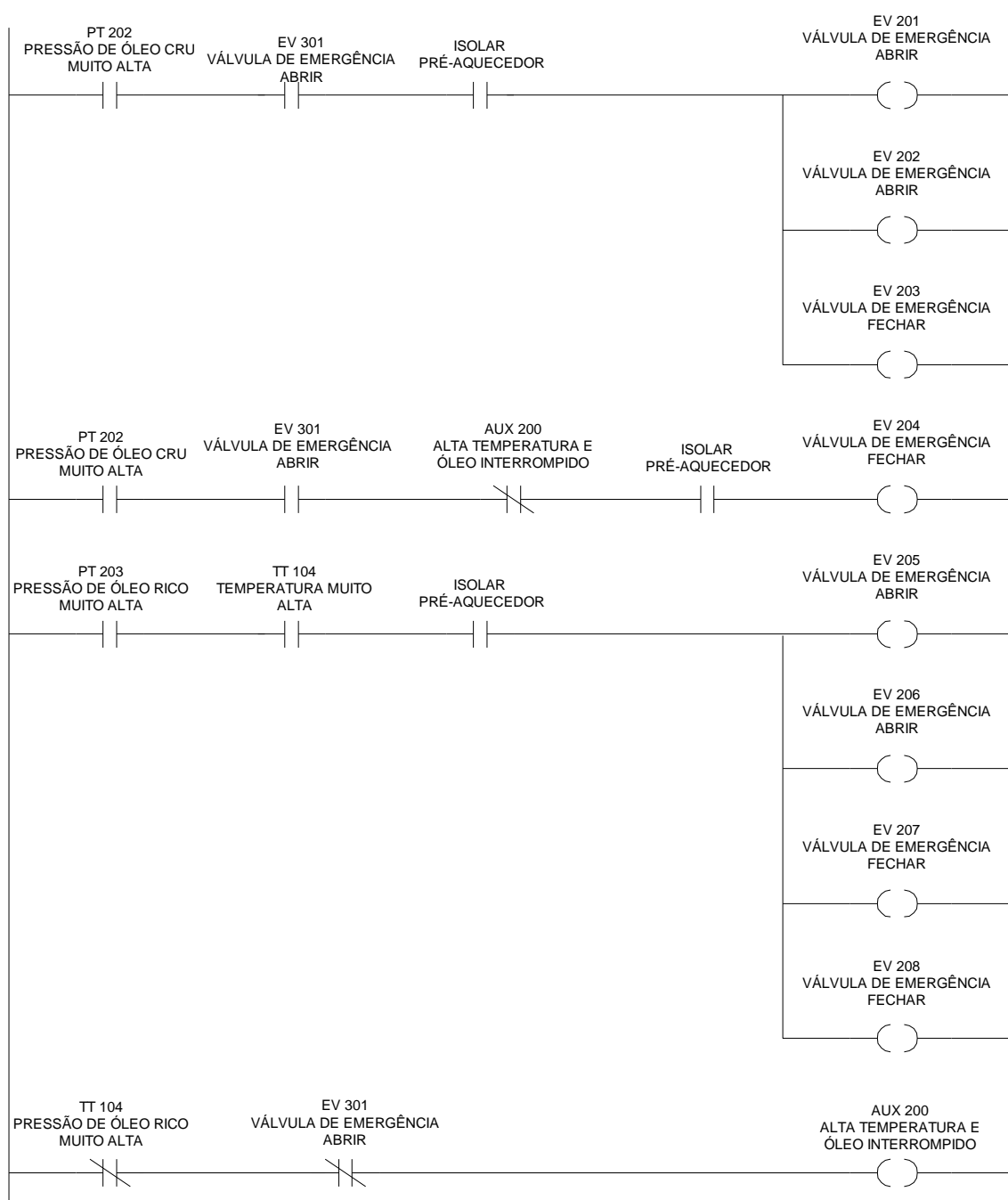


Figura 18 – Lógica de emergência: pré-aquecedor óleo/óleo

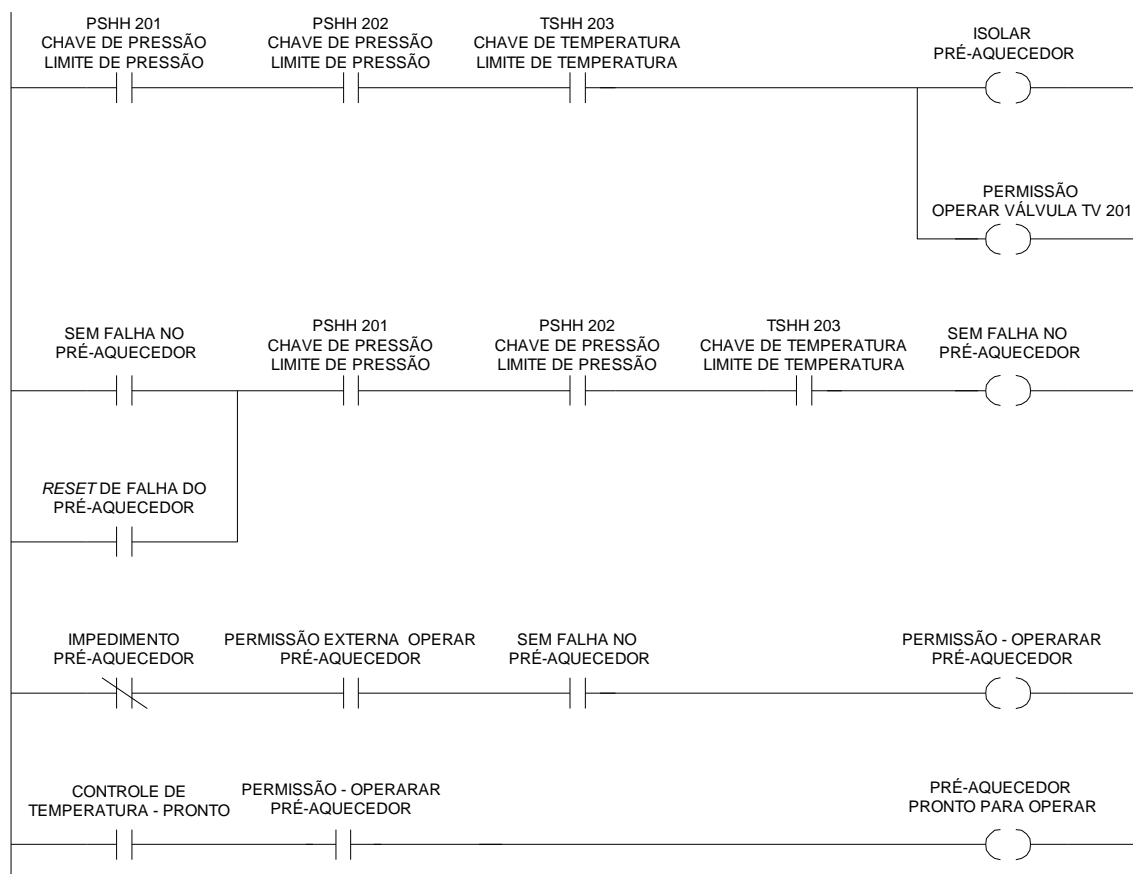


Figura 19 – Lógica de emergência: pré-aquecedor óleo/óleo (continuação)

No caso de emergência no pré-aquecedor óleo/óleo, interrompem-se as linhas de entrada e saída de óleo cru e de óleo rico e se libera o conteúdo das tubulações de entrada e de saída para o sistema de drenagem.

Para que o pré-aquecedor óleo/óleo esteja pronto para operar novamente, o operador deve atuar o *reset* de falhas. Assim, o sinal de falha é retirado se não houver condição insegura no equipamento. Caso as malhas de controle também estejam prontas, o pré-aquecedor óleo/água estará apto para operar novamente.

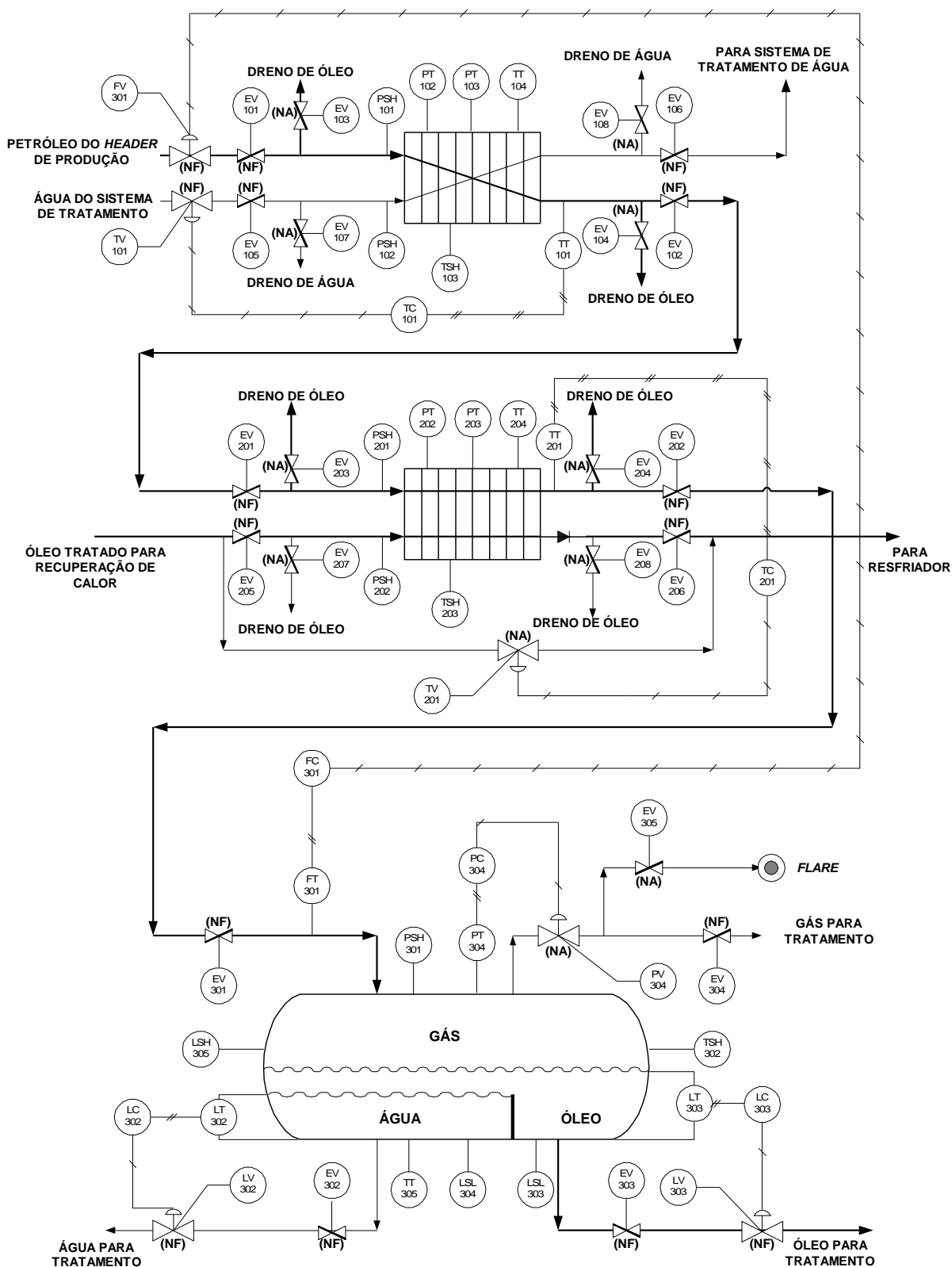


Figura 20 – Sistema de controle e de emergência: planta de separação trifásica [6,7]

5 CONDICIONAMENTO E COMISSIONAMENTO

5.1 Introdução

Este capítulo trata do condicionamento e do comissionamento dos sistemas de controle e de segurança da planta de separação trifásica de petróleo. As atividades são divididas em duas fases: fase de planejamento durante projeto e fase de execução durante a obra.

5.2 Condicionamento e comissionamento

Condicionamento é o conjunto de técnicas e procedimentos de engenharia que visam garantir o perfeito estado de conservação dos insumos e dos equipamentos, desde o recebimento até a entrega da planta à contratante [2].

O condicionamento de insumos e de equipamentos abrange:

- Transporte e recebimento dos materiais;
- Preservação;
- Inspeção mecânica;
- Inspeção funcional.

Comissionamento é conjunto de técnicas e procedimentos de engenharia aplicados de forma integrada a uma unidade ou planta industrial, visando torná-la operacional, dentro dos requisitos de desempenho especificados em projeto. Seu objetivo central é assegurar a transferência da unidade industrial, do construtor para o operador, de forma ordenada e segura, certificando a sua

operabilidade em termos de segurança, desempenho, confiabilidade e rastreabilidade de informações [2].

O comissionamento de uma planta abrange:

- Planejamento geral de comissionamento;
- Coordenação, execução e certificação de atividades de campo (preservação, inspeções, calibrações e testes de todos os tipos);
- *Start-up* dos equipamentos;
- Operação e manutenção iniciais;
- Saneamento e controle de pendências;
- Transferência do sistema para operação comercial.

5.3 Atividades de condicionamento e comissionamento

5.3.1 Atividades preparatórias no projeto

O planejamento do comissionamento de uma planta é de suma importância para o sucesso dessa atividade. A equipe de comissionamento deve gerenciar informações oriundas de diversas fontes, lidar com conflitos de projeto na construção e na montagem dos equipamentos, além de gerenciar os suprimentos.

As atividades preparatórias de projeto são [2]:

- Elaboração da lista de sistemas operacionais;
- Divisão da planta em sistemas e subsistemas;

- Elaboração de procedimentos e de documentações dos equipamentos;
- Elaboração das Folhas de Verificação de Instrumentos (FVI) e das Folhas de Verificação de Malhas (FVM);
- Definição da rede de precedência por sistema e subsistema;
- Definição do cronograma de testes por sistema e subsistema;
- Elaboração dos Termos de Aceitação de Performance (TAP);
- Elaboração da Estrutura Analítica do Projeto de Construção e Montagem (EAP).

5.4 Planejamento do condicionamento e comissionamento da planta de separação trifásica

Na fase de projeto é feito um planejamento do condicionamento e do comissionamento, visando à coordenação de seu escopo, através do encadeamento das atividades, definição de recursos necessários e prazos previstos, de forma a permitir um acompanhamento e controle da etapa do projeto.

5.4.1 Divisão dos equipamentos da planta

Primeiramente, deve-se proceder a demarcação dos equipamentos da planta. Essa divisão é feita pelo engenheiro de processo, demarcando no P&DI (Diagrama de Processo e Instrumentação) todos os equipamentos e instrumentos de um sistema [2]. No caso da planta utilizada neste trabalho, (sistema de separação trifásica de petróleo) a divisão dos equipamentos é feita de acordo figura 21, sendo:

1. Pré-aquecedor óleo/água – Trem de produção;
2. Pré-aquecedor óleo/óleo – Trem de produção;

3. Separador trifásico – Trem de produção.

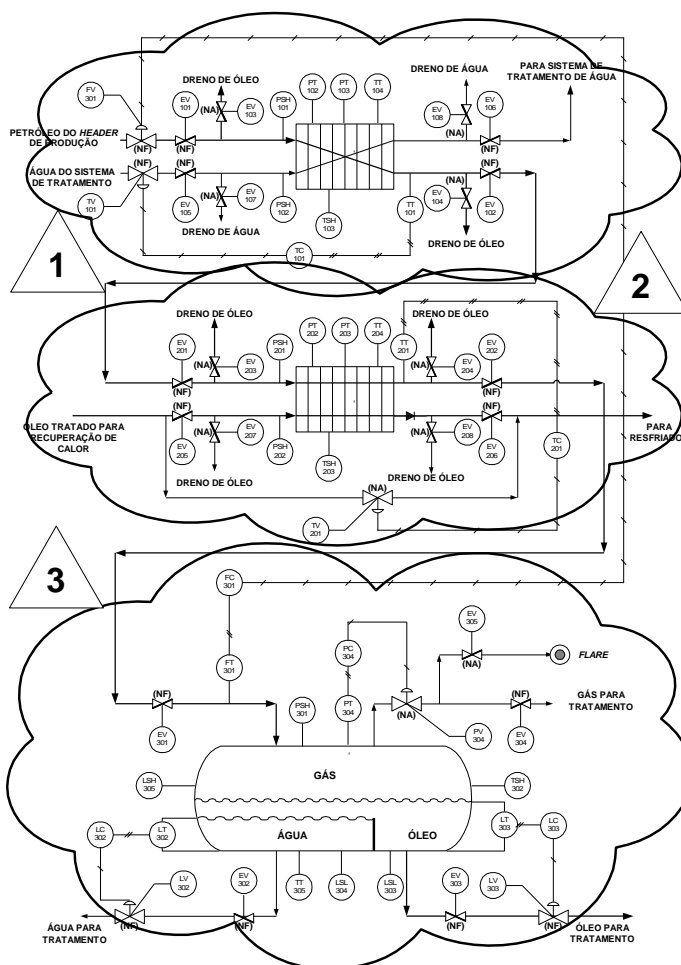


Figura 21 – Distribuição de equipamentos

Após essa subdivisão, deve-se definir o escopo dos serviços de condicionamento e comissionamento da planta.

5.4.2 Escopo do condicionamento e do comissionamento

O condicionamento engloba as atividades de recebimento, preservação, inspeção mecânica e inspeção funcional dos materiais e equipamentos, com o objetivo de deixar todos os itens em condições de instalação e interligação.

O comissionamento engloba as atividades inspeção mecânica, inspeção funcional, *start-up*, testes de malha, teste de performance e operação assistida dos equipamentos e instalações.

Dessa forma, a estrutura analítica do projeto pode ser definida como nas figuras 22.



Figura 22 – Estrutura analítica do projeto

Após a definição de escopo do projeto de condicionamento e comissionamento, devem ser elaborados os procedimentos e a documentação de cada atividade (figuras 23 e 24) [2].

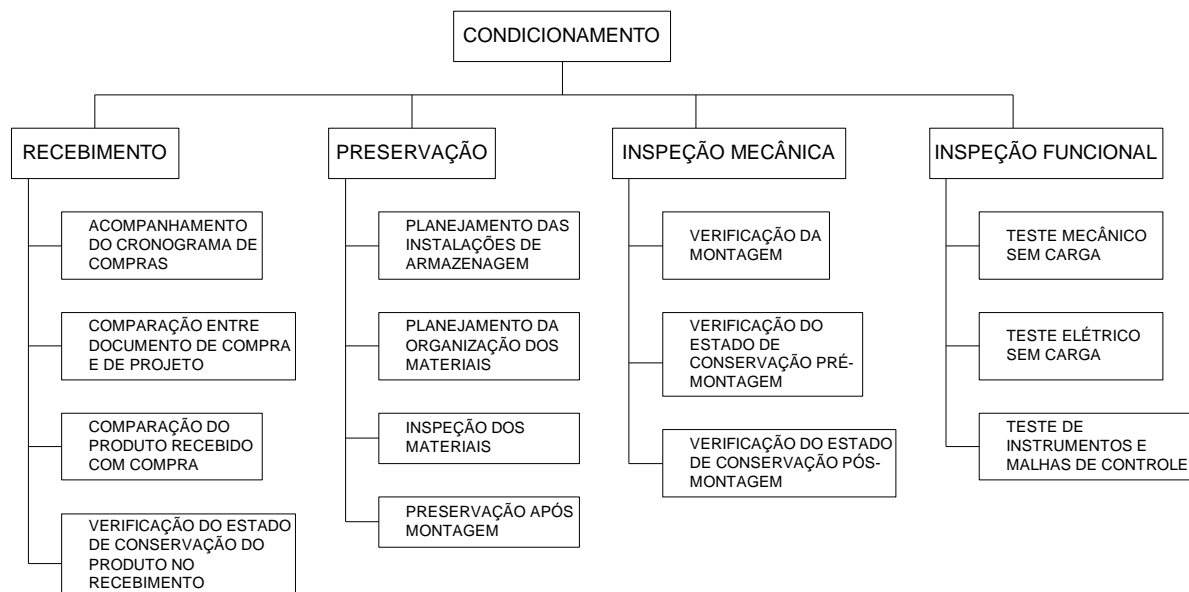


Figura 23 – EAP: condicionamento

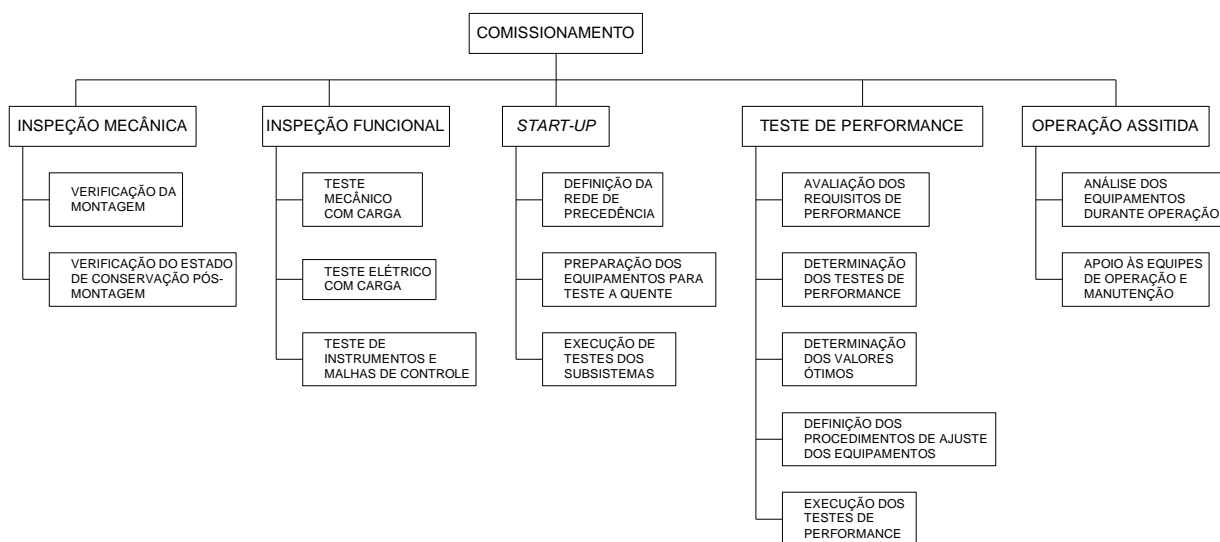


Figura 24 – EAP: comissionamento

5.4.3 Rede de precedência

A elaboração da rede de precedência por sistema e subsistema visa estabelecer a prioridade e a seqüência de partida da plataforma de petróleo

[2]. Geralmente, esse documento é elaborado pelo engenheiro de processo, sendo que as atividades são organizadas em seqüência de fase ou prioridade, ao invés de serem organizadas em relação ao tempo.

Primeiramente, a rede de precedência é elaborada para os sistemas e, então, detalhada para os subsistemas, sempre procurando as mínimas atividades necessárias para a planta poder produzir em segurança. Caso haja dois ou mais equipamentos responsáveis pela mesma função, prioriza-se a partida de um por vez.

Definida a rede de precedência, a equipe de comissionamento negocia com a equipe de construção e montagem os prazos e metas de execução dos testes nos equipamentos.

5.4.3.1 Preparação para partida

A fase de produção de óleo e gás é a última fase de partida de equipamentos em uma plataforma de petróleo. Anteriormente, ocorre a partida de vários equipamentos e processos auxiliares.

Exemplos de sistemas prioritários que devem estar em operação e disponíveis antes da partida do sistema de produção do óleo [2]:

- Sistema de água quente;
- Sistema de ar de instrumento;
- Sistema de água do mar;
- Sistema de água doce;
- Sistema de combate incêndio;
- Sistemas de parada de emergência;
- Sistemas de controle;

- Sistemas de geração de energia;
- Sistema de tocha;
- Sistema de injeção de produtos químicos;
- Sistema de drenagem.

A seqüência de partida dos equipamentos da planta de separação e tratamento de petróleo está esquematizada na figura 25 .

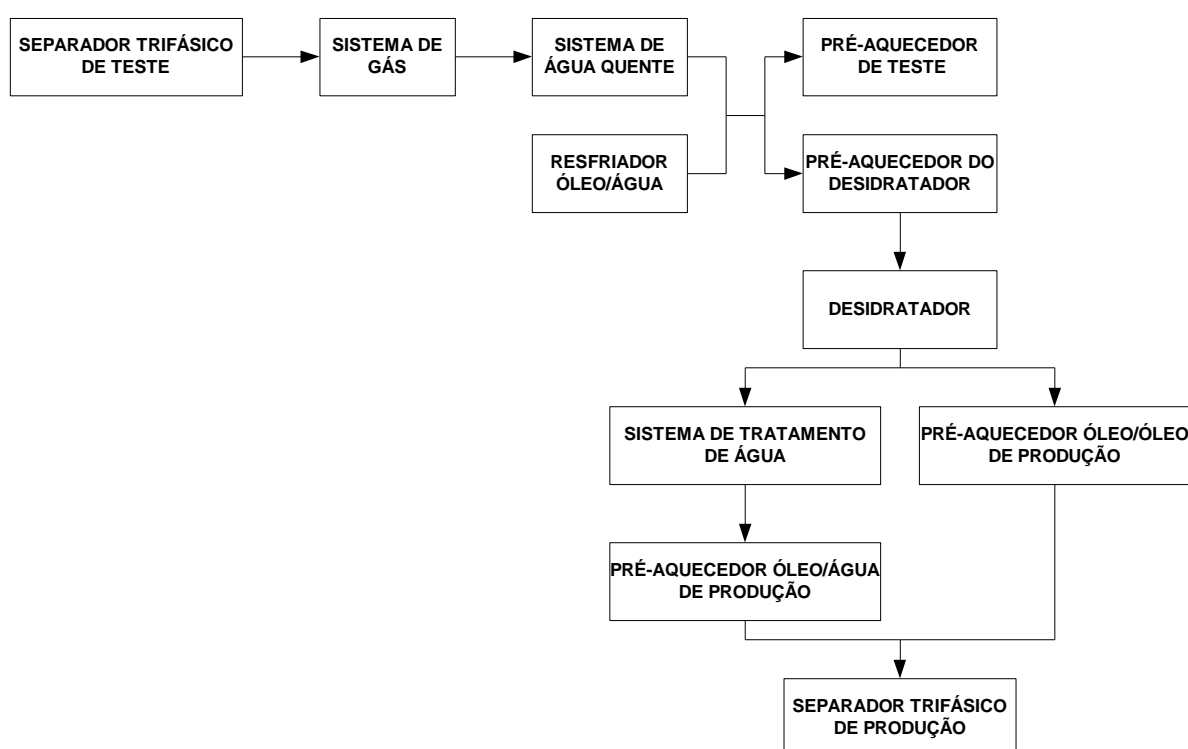


Figura 25 – Rede de precedência: partida do sistema de separação e tratamento de petróleo

A rede de precedência para partida dos equipamentos da planta de separação trifásica está esquematizada nas figuras 26 e 27:

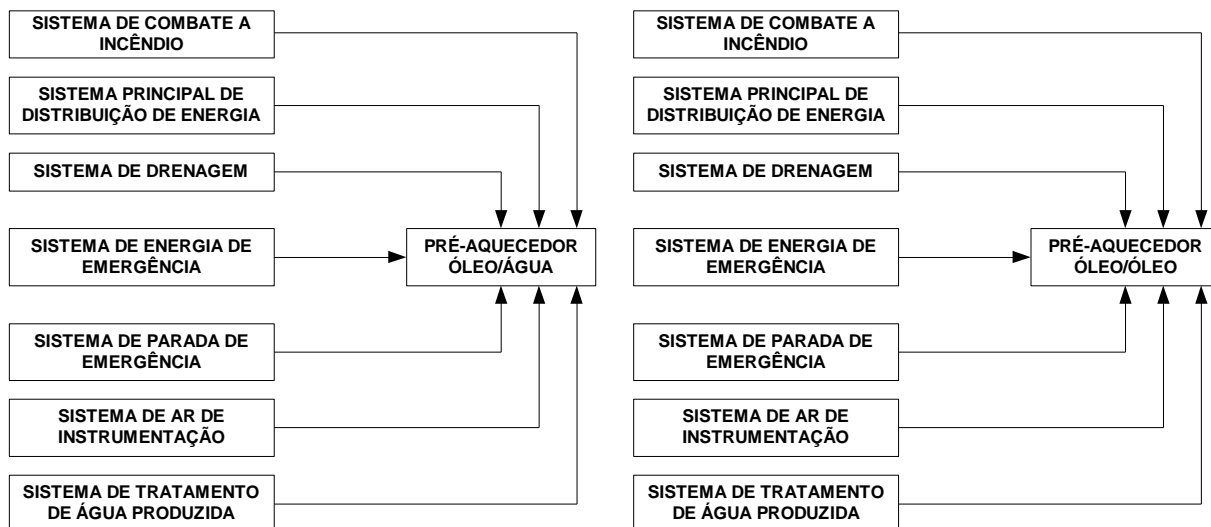


Figura 26 – Rede de precedência: equipamentos

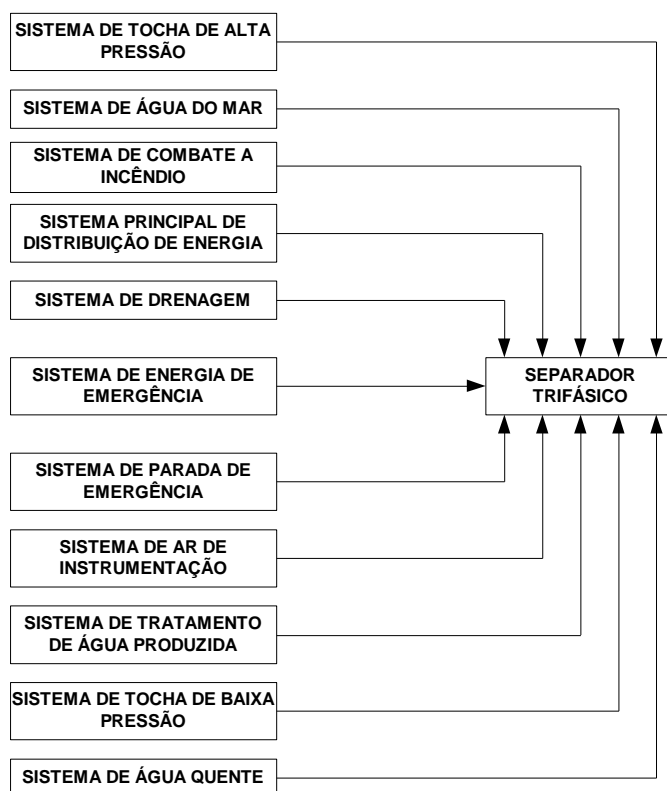


Figura 27 – Rede de precedência: equipamentos (continuação)

5.4.4 Folhas de verificação de itens e Folhas de verificação de malhas

As folhas de verificação de itens (FVI) são documentos que constam os dados de placa, o registro das atividades de recebimento, preservação, e de inspeção mecânica e funcional (figura 28). As folhas de verificação de malhas (FVM) definem os testes de malhas de elétrica, de instrumentação e de tubulações.

As FVI's devem conter [2]:

- O tag do item;
- O sistema e o subsistema nos quais o item será empregado;
- As características do item: fabricante, modelo, número de série e dados técnicos;
- A data da inspeção, rubrica e observações sobre o recebimento das documentações e inspeção técnica;
- Os pontos de inspeção mecânica e de inspeção elétrica, marcando, ao final, a rejeição ou a aceitação do item;
- A indicação de padrão ou norma ao qual o item deve satisfazer;
- Campo para observações sobre o item.

As FVM's devem conter [2]:

- A malha a ser testada;
- O sistema e o subsistema ao qual a malha pertence;
- Os pontos de verificação de funcionamento;
- Os testes que deverão ser efetuados;
- A data do teste, rubrica e as observações;
- A aceitação ou rejeição da parte mecânica e do funcionamento das malhas.

FOLHA DE VERIFICAÇÃO DE ITEM			
TAG: PT 304	Nº FVI: 0001	SISTEMA: 0001	SUBSISTEMA: 300
DOC. REFERÊNCIA:		LOCAL:	DISCIPLINA: ELE
I CARACTERISTICAS DO ITEM			
FABRICANTE:		MODELO:	SÉRIE:
TENSÃO DE ALIMENTAÇÃO:		PRESSÃO DE TRABALHO:	
POTÊNCIA:		GRAU DE PROTEÇÃO:	
SINAIS ANALÓGICOS:		TEMPERATURA DE TRABALHO:	
SAÍDAS E CONEÇÕES ELÉTRICAS:		ERRO PORCENTUAL:	
TIPOS DE COMUNICAÇÃO:		DIMENSÕES:	
II INSPEÇÃO DO RECEBIMENTO		DATA	RUBRICA
2.1 RECEBIMENTO DA DOCUMENTAÇÃO			
2.2 INSPEÇÃO TÉCNICA			
III INSPEÇÃO MECÂNICA		ACEITAÇÃO	REJEIÇÃO
MONTAGEM:		FIXAÇÃO DE COMPONENTES:	
CARÇAÇA:		IDENTIFICAÇÃO DOS TERMINAIS:	
CABOS:		DIMENSÕES:	
CONEXÕES:			
TAMPAS:			
IV INSPEÇÃO ELÉTRICA		ACEITAÇÃO	REJEIÇÃO
CIRCUITOS:			
DISPLAY:			
SINAIS DE SAÍDA:			
COMUNICAÇÃO:			
ERRO DE MEDIÇÃO:			
EQUIPAMENTO DE TESTE:			
PADRÃO DE TESTE:		CERTIFICADO:	
ACEITAÇÃO	DATA	RUBRICA	OBSERVAÇÕES
CAMPO III			
CAMPO IV			
OBSERVAÇÕES:			

Figura 28 – FVI para transmissor de pressão PT 304 [2]

5.5 Atividades de condicionamento e comissionamento da planta de separação trifásica durante a obra

Seguindo a programação desenvolvida na fase de projeto, é realizado um conjunto de atividades durante a obra para o correto condicionamento e comissionamento da planta. Assim, garante-se a transferência da unidade industrial, do construtor para o operador, de forma ordenada e segura.

As atividades de condicionamento durante a obra englobam [2]: inspeção de recebimento; preservação; inspeção mecânica e inspeção funcional.

- Inspeção de recebimento: conjunto de atividades com objetivo de verificar se os equipamentos e os insumos foram comprados como especificado. Essas atividades consistem em comparar as especificações, os documentos de compra e as folhas de dados dos equipamentos e dos insumos recebidos. As inspeções devem ser realizadas de acordo com as informações requeridas nas folhas de verificação de item (FVI).
- Preservação: conjunto de atividades que visam garantir a integridade e a funcionalidade dos equipamentos e insumos da planta. O acondicionamento deve ser realizado de acordo com o planejamento da organização dos itens e os requisitos de estocagem dos materiais, tais como limpeza, temperatura, umidade e luminosidade. Após a utilização do item na obra, a preservação deve ser mantida no local da montagem até a passagem da unidade para a operação;
- Inspeção mecânica: conjunto de atividades de inspeção que visam garantir que os equipamentos foram montados de acordo com o projeto. A inspeção dos itens deve ser realizada de acordo com suas FVI's, verificando sua montagem e seu estado de

conservação. Após sua utilização na construção e montagem da planta, deve ser realizada a verificação de seu estado de conservação;

- Inspeção funcional: conjunto de atividades que visam garantir a funcionalidade dos equipamentos e itens da planta de processo, tais como calibração e aferição dos instrumentos, teste dos equipamentos elétricos e mecânicos e teste de malhas. Devem ser realizados testes dos itens sem carga, de acordo com as FVI's, observando-se os pontos de verificação de funcionamento.

O comissionamento engloba as atividades inspeção mecânica, inspeção funcional, *start-up*, testes de malha, teste de performance e operação assistida dos equipamentos e instalações [2].

- Inspeção mecânica: inspeção durante a montagem dos equipamentos e verificação do estado de conservação até o *start-up*;
- Inspeção funcional: devem ser realizados testes mecânicos e elétricos dos equipamentos com carga e testes de malhas de controle;
- *Start-up*: conjunto de atividades que objetivam colocar em operação equipamentos e sistemas de uma planta de produção e realizar os primeiros testes dos equipamentos com carga, um a um isoladamente (teste a quente). O *start-up* deve ser realizado de acordo com o planejamento e com a rede de precedência;
- Teste de performance: conjunto de atividades que visam testar a performance dos sistemas de uma planta, verificando se são atendidos os requisitos operacionais especificados em projeto. Os testes de performance devem ser realizados de acordo com o

planejamento, procedendo aos ajustes necessários nos equipamentos para que os requisitos sejam satisfeitos;

- Operação assistida: assistência técnica local logo após *start-up* e entrega dos equipamentos à operação, cujo tempo e condições são estabelecidos em contrato. Após a transferência da unidade à equipe de operação, deve haver pessoal responsável pela análise do comportamento dos equipamentos durante seu funcionamento. Essa equipe é responsável pelo atendimento a ocorrências e pela eventual manutenção corretiva dos equipamentos.

Após todos os testes de performance, é assinado um termo de aceitação dos equipamentos, por parte da operação, oficializando a transferência da unidade. Durante início das operações, uma equipe fica responsável pela operação assistida da planta, efetuando manutenções corretivas caso seja necessário [2].

6 CONCLUSÕES

Na definição do sistema de controle de processo priorizou-se a utilização de fluxos de saída em detrimento de fluxos de entrada, pois aqueles influenciam diretamente os respectivos objetivos de controle e não interferem significativamente nos outros. Também se levou em consideração o aumento da pressão interna nos pré-aquecedores, para fora dos limites de operação, na escolha da localização da válvula de controle de entrada de petróleo no separador trifásico.

Na definição dos sistemas de segurança foi de suma importância a escolha da direção de falha dos equipamentos, de forma a garantir que a planta será capaz de se manter segura durante atuação ou falha do próprio sistema. Além disso, foi-se desenvolvida uma lógica inversa, para que todas as condições de funcionamento fossem satisfeitas com a presença de corrente elétrica nos sensores. Caso haja falta de energia ou presença de alguma condição insegura no equipamento, o sistema de segurança irá agir de forma a isolá-lo e despressurizá-lo.

O condicionamento e o comissionamento da planta são divididos em duas fases: fase de planejamento durante o projeto e fase de execução durante a obra. Na fase de planejamento, realiza-se a divisão dos equipamentos, define-se o escopo das atividades e a rede de precedência, elaboram-se as folhas de verificação de itens e as folhas de verificação de malhas e definem-se os testes de performance. Na fase de execução, durante a obra, realizam-se atividades de inspeção de recebimento, preservação, inspeção mecânica, inspeção funcional, *start-up*, teste de performance e operação assistida dos equipamentos, de acordo com o planejamento na fase de projeto.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Devold, H., **Oil and Gas Production Handbook**, 1ª ed., ABB ATPA Oil and Gas, Oslo, 2006
- [2] Junior, W. M. V., **Comissionamento e Condicionamento**, UFF, Niterói, 2006
- [3] Alfa Laval, **Compabloc - compact performance** [on line], 2008. Disponível em: www.alfalaval.com [capturado em 16 de agosto de 2008]
- [4] Natco group, **TriGrid and TriGridmax Electrostatic Dehydrators and Desalters** [on line], 2008. Disponível em: www.natcogroup.com [capturado em 16 de agosto de 2008]
- [5] Lee, P.L., Newell, R.B., Cameron, I.T., **Process Control and Management**. 1ª ed, Brisbane, Austrália, 1998.
- [6] de Sá, Douglas O. J., **Instrumentation fundamentals for process control**, Taylor & Francis, New York, 2001.
- [7] ISA, **ISA-5.1 - Instrumentação: Símbolos e identificação**, North Carolina, 1992.

APÊNDICE A

Listas de alarmes e de controladores do processo de separação (tabelas 11 e 12)

Tabela 11 – Lista de alarmes e *trips* do sistema de tratamento de óleo


Equipamento	Variável	Instrumento	Indicação
Pré-aquecedor óleo/água Separador de produção	Temperatura de saída de óleo	TT-101	Alarme
	Pressão de óleo na entrada do trocador	PT - 102	Alarme
	Pressão de água na entrada do trocador	PT - 103	Alarme
	Temperatura interna do trocador	TT - 102	Alarme
	Pressão de óleo na entrada do trocador	PSHH – 101	Emergência
	Pressão de água na entrada do trocador	PSHH – 102	Emergência
	Temperatura interna do trocador	TSHH – 103	Emergência
Pré-aquecedor óleo/óleo Separador de produção	Temperatura de saída de óleo	TT-201	Alarme
	Pressão de óleo na entrada do trocador	PT - 202	Alarme
	Pressão de óleo na entrada do trocador	PT - 203	Alarme
	Temperatura interna do trocador	TT - 202	Alarme
	Pressão de óleo na entrada do trocador	PSHH – 201	Emergência
	Pressão de óleo na entrada do trocador	PSHH – 202	Emergência
	Temperatura interna do trocador	TSHH – 203	Emergência
Separador de produção	Fluxo de entrada do separador	FT - 301	Alarme
	Nível da interface óleo/água do separador	LT - 302	Alarme
	Nível de óleo do separador	LT - 303	Alarme
	Pressão interna do separador	PT - 304	Alarme
	Temperatura do vaso do separador	TT - 305	Alarme
	Pressão interna do separador	PSHH - 301	Emergência
	Temperatura do vaso do separador	TSHH - 302	Emergência
	Nível de óleo do separador	LSLL - 303	Emergência
	Nível da interface óleo/água do separador	LSLL - 304	Emergência
	Nível de Óleo do separador	LSHH - 305	Emergência


Tabela 12 – Lista de controladores do sistema de tratamento de óleo

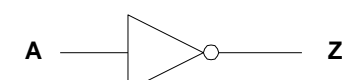
Variável	Instrumento	Controle
Temperatura de saída de óleo do pré-aquecedor óleo/água	TC - 101	Mantém a temperatura de óleo na saída do pré-aquecedor de óleo
Temperatura de saída de óleo do pré-aquecedor óleo/óleo	TC - 201	Mantém a temperatura de óleo na saída do pré-aquecedor de óleo
Fluxo de entrada do separador trifásico	FC - 301	Mantém o fluxo de entrada de óleo no separador trifásico
Nível da interface óleo/água do separador trifásico	LC - 302	Mantém o nível da interface óleo/água no separador trifásico
Nível de óleo do separador trifásico	LC - 303	Mantém o nível de óleo no separador trifásico
Pressão interna do separador trifásico	PC - 304	Mantém a pressão interna no separador trifásico

APÊNDICE B

Descrição dos elementos lógicos (figura 29):

FUNÇÃO	SÍMBOLO	TABELA VERDADE		
OR		A	B	Z
		0	0	0
		0	1	1
		1	0	1
		1	1	1

FUNÇÃO	SÍMBOLO	TABELA VERDADE		
AND		A	B	Z
		0	0	0
		0	1	0
		1	0	0
		1	1	1

FUNÇÃO	SÍMBOLO	TABELA VERDADE		
NOT		A	B	Z
		0	-	1
		1	-	0
		-	-	-
		-	-	-


FUNÇÃO	SÍMBOLO	TABELA VERDADE		
NOR		A	B	Z
		0	0	0
		0	1	1
		1	0	1
		1	1	0

Figura 29 - Portas lógicas

Descrição dos temporizadores (figura 30):

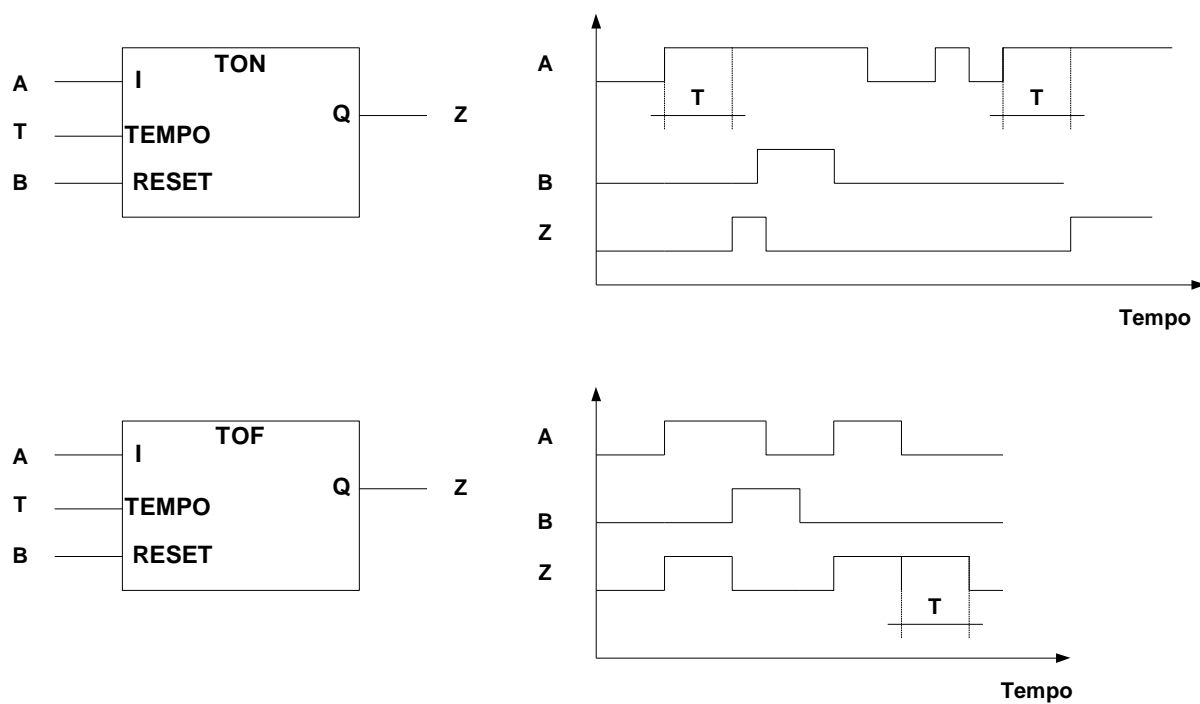


Figura 30 - Temporizadores