

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**RAFAEL FERREIRA DE LIRA**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO**

**Campina Grande – PB**

**2014**

RAFAEL FERREIRA DE LIRA

## **RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO**

Relatório referente à disciplina Estágio Integrado apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande.

Orientador: Prof. Dr. Montiê Alves Vitorino

**Campina Grande – PB**

**2014**

RAFAEL FERREIRA DE LIRA

## **RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO**

Relatório referente à disciplina Estágio Integrado apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande.

Aprovado em ..... /..... /.....

---

Prof. Dr. Montiê Alves Vitorino  
Universidade Federal de Campina Grande

---

Prof. Dr. João Batista Moraes dos Santos  
Universidade Federal de Campina Grande

**Campina Grande – PB**

**2014**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Pirâmide Clássica de Automação.....	9
Figura 2 - Organograma da Petrobras .....	12
Figura 3 - Vista aérea da Refinaria Abreu e Lima.....	13
Figura 4 - Elementos Básicos do SDCD .....	18
Figura 5 - Cartões I/O Foxboro.....	20
Figura 6 - Controlador de Malha - FCP.....	21
Figura7 - Topologia da Rede <i>Foundation FieldBus</i> .....	22
Figura 8- Janela de Interface do Processo de Água desmineralizada.....	24
Figura 9– Funções de Transferências.....	28
Figura 10 – Exemplo de experimento com modelo integrador e de 1ª ordem.....	29
Figura 11 - Exemplo de experimento com modelo integrador e de 2ª ordem .....	30
Figura 12- Tela para projeto e simulação do controlador .....	32
Figura 13 - Controlador que necessita de ajustes da sintonia.....	34
Figura 14 - Controlador bem sintonizado .....	34
Figura 15 - Arquitetura do Sistema de Gestão de Ativos da Refinaria Abreu e Lima .....	36
Figura 16 - Interface web para visualização da situação dos ativos da refinaria .....	37
Figura 17 - Curvas de acompanhamento de unidades da refinaria.....	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Indústria vs. Protocolo Profibus.....	23
Tabela 2- Técnicas para identificação do modelo dinâmico da malha.....	27
Tabela 3- Métodos de sintonia disponíveis .....	31

## **LISTA DE SIGLAS**

CCL - Centro de Controle Local

CFTV - Circuito fechado de TV

CIC - Centro Integrado de Controle

FF - Foundation Fieldbus

PI - Controlador Proporcional-Integral

PID - Controlador Proporcional-Integral-Derivativo

RNEST- Refinaria Abreu e Lima

SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition

SDCD- Sistema Digital de Controle Distribuído

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	8
2	OBJETIVO .....	10
3	A EMPRESA .....	11
3.1	A Petrobras .....	11
3.2	A Refinaria Abreu e Lima .....	12
3.3	O Contrato Geral de Automação .....	14
4	DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES .....	17
4.1	Etapa I – Fiscalização de Construção e Montagem em Campo .....	17
4.1.1	Fundamentação Teórica .....	17
4.1.1.1	O Sistema Digital de Controle Distribuído .....	17
4.1.1.2	Instrumentação de Campo .....	18
4.1.1.3	Unidades de Processamento e Controle .....	19
4.1.1.4	Via de Dados (Redes de Comunicação) .....	21
4.1.1.5	Interface Homem-Máquina .....	23
4.1.2	Atividades Realizadas .....	24
4.2	Etapa II – Sistemas de Automação para Gerenciamento Industrial .....	26
4.2.1	Fundamentação Teórica .....	27
4.2.1.1	BRtuning e a Sintonia de Malhas .....	27
4.2.1.2	O BRperfXe a Auditoria das Malhas .....	32
4.2.1.3	Gerenciamento de Ativos .....	35
4.2.2	Atividades Realizadas .....	37
5	CONCLUSÃO .....	42
	REFERÊNCIAS .....	43
	ANEXO A - Arquitetura Geral de Automação .....	44
	ANEXO B - Arquitetura dos Típicos de Interligação de Campo .....	45

ANEXO C – Fluxograma de Engenharia ..... 46

ANEXO D – Diagrama de Malhas ..... 47

## 1 INTRODUÇÃO

O estágio integrado da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) para o curso de Engenharia Elétrica possui *status* de disciplina curricular, com carga horária mínima de 660 horas. O seu objetivo é aproximar o aluno, prestes a se formar, do mercado de trabalho.

O programa de estágio aqui descrito foi realizado na Petrobras S/A, sob a responsabilidade da sua Diretoria de Engenharia para Empreendimentos de Abastecimento, na unidade de refino Abreu e Lima. Tal refinaria localiza-se no complexo portuário de Suape na cidade de Ipojuca, região metropolitana de Recife-PE.

O supervisor do estágio, por parte da empresa, foi o Engenheiro de Equipamentos Pleno da Petrobras Douglas Contente Pimentel Barbosa, e, na UFCG, o trabalho foi orientado pelo Professor Montiê Alves Vitorino, no período compreendido entre 24 de Fevereiro de 2014 até 15 de Outubro de 2014, totalizando cerca de 900 horas.

O estágio teve como objetivos: inserção do estudante nas práticas mais avançadas de controle e automação para indústria, familiarização com os procedimentos e normas do setor de Óleo & Gás da Petrobras, aprendizado das técnicas de gerenciamento de projetos, familiarização com o processo e com as unidades contidas no contexto de uma refinaria de petróleo além da ambientação do aluno com a área industrial.

É possível dividir as atividades realizadas em duas partes distintas. Na primeira parte, compreendida no período entre 24 de Fevereiro e 30 de Abril de 2014, o estudante atuou fortemente em atividades de campo (com atividades de chão de fábrica, exercendo o papel de fiscal de construção e montagem). Em seguida, na segunda parte, compreendida entre 1º de Maio e 15 de Outubro de 2014, o estagiário foi direcionado para acompanhar as atividades da área de sistemas de automação, responsáveis pelo gerenciamento da planta industrial.

É importante observar que por se tratar de um ramo bastante específico da engenharia, dotado de processos e técnicas bem características, ambas as etapas foram precedidas de uma densa revisão bibliográfica, que está descrita, de forma sucinta, no início das seções que descrevem cada atividade.

De modo sucinto, pode-se observar que as atividades do aluno passaram do último nível da pirâmide clássica de automação (ver Figura 1 a seguir), na primeira etapa do estágio, para os níveis 1 e 2 da mesma pirâmide. Desta forma, o aluno teve a oportunidade de obter uma visão bastante abrangente do relacionamento e a atuação de todos os níveis de um sistema de automação industrial.(CASSIOLATO, 2011)

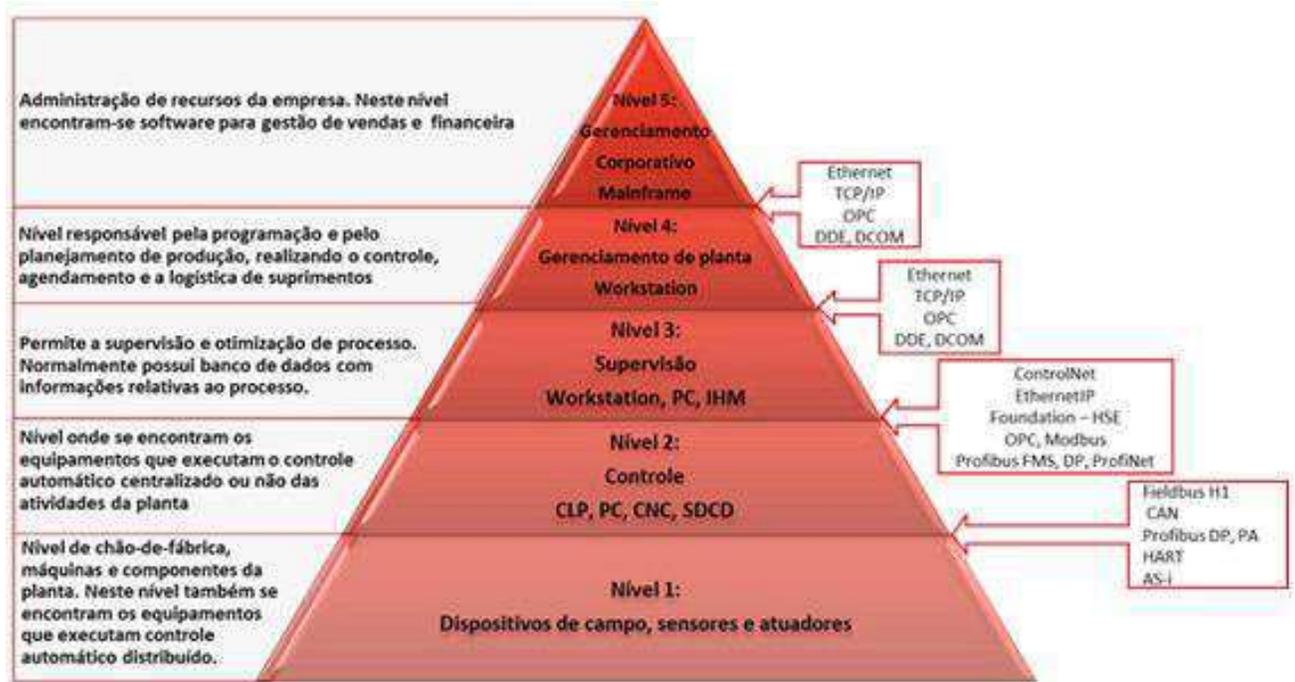


Figura 1- Pirâmide Clássica de Automação (Fonte: Cassiolato, César[2011])

## **2 OBJETIVO**

Este relatório tem por objetivo descrever as atividades desenvolvidas durante o estágio integrado realizado na empresa Petrobras S/A, mais especificamente na Refinaria Abreu e Lima – Ipojuca/PE. O estágio foi realizado na divisão do contrato geral de automação da refinaria, responsável por implementar todo o sistema de controle e automação desse complexo de refino.

Palavras-chave: Petrobras; Refinaria; Controle; Automação.

### 3 A EMPRESA

#### 3.1 A Petrobras

A empresa Petróleo Brasileiro S/A, mais conhecida como Petrobras, foi criada em 1953 pelo Governo Federal. Com sede na cidade do Rio de Janeiro, atua desde 1997 em ambiente de livre concorrência. Como uma sociedade anônima de capital aberto que tem como acionista majoritário o governo do Brasil, a Petrobras atua nos seguintes setores: exploração e produção, refino, comercialização e transporte de óleo e gás natural, petroquímica, distribuição de derivados, energia elétrica, biocombustíveis e outras fontes renováveis de energia.

A empresa está presente em 27 países, além de manter atividades na maior parte dos estados do Brasil, e tem ações negociadas nas principais bolsas de valores do mundo. Várias de suas atividades são desenvolvidas pelas cerca de 300 subsidiárias, coligadas e controladas, que compõem o Sistema Petrobras, tendo a Petrobras S/A como controladora. Esse grupo de empresas está distribuído por diferentes regiões do Brasil e localidades no exterior. A companhia também tem participação em negócios com diversas outras empresas, dentro e fora do país (Portal Petrobras. Em: <http://www.petrobras.com.br/pt/>).

O estágio foi desenvolvido na Refinaria Abreu e Lima (RNEST) sob a gerência da “Implementação de Empreendimento da Refinaria do Nordeste” (responsável pela construção da refinaria) que pertence à divisão de “Engenharia Para Abastecimento e Empreendimento” (responsável pela área técnica de suporte à diretoria de abastecimento) da diretoria de “Engenharia, Tecnologia e Materiais” da Petrobras. Tal alocação pode ser mais facilmente assimilada a partir do organograma da Petrobras (ilustrado na Figura 2).

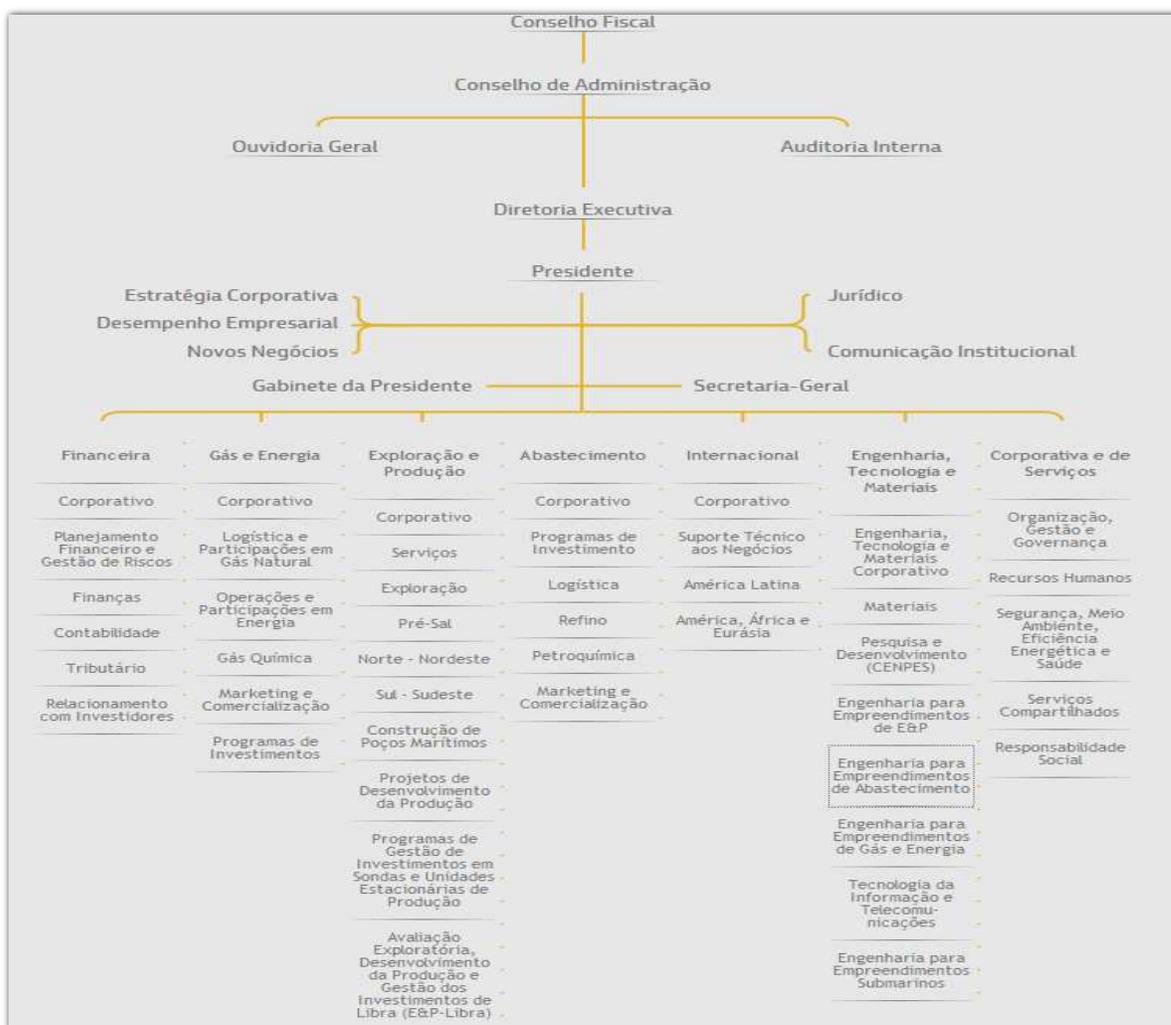


Figura 2 - Organograma da Petrobras (Fonte: Portal Petrobras)

### 3.2 A Refinaria Abreu e Lima

A Refinaria Abreu e Lima está localizada no complexo portuário de Suape na região metropolitana de Recife-PE. O parque de refino conta com uma área de aproximadamente 6.300m<sup>2</sup> distribuídos em 36 unidades. Ela será ligada ao Porto de Suape e às companhias distribuidoras por 12 dutos com cerca de nove quilômetros cada, em uma faixa de passagem exclusiva com 45 metros de largura. Na Figura 3, é mostrada a vista aérea da Refinaria Abreu e Lima. (Portal Petrobras. Em: <http://www.petrobras.com.br/pt/>)



**Figura 3 - Vista aérea da Refinaria Abreu e Lima (Fonte: Portal Petrobras)**

Durante o pico de sua construção, em julho de 2012, foi gerado cerca de 50 mil postos de trabalho na obra. Já na fase de operação, com previsão para novembro de 2014, a refinaria vai contar com, aproximadamente, mil trabalhadores.

Quando concluída, a refinaria terá capacidade para processar 230 mil barris de petróleo/dia, cerca de 11% da capacidade atual de refino de petróleo no Brasil. A produção de diesel, o derivado com maior expectativa de aumento de consumo no País, representará cerca de 70% do volume de produção da refinaria. Serão produzidos também gás de cozinha (GLP), nafta petroquímica e coque de petróleo. As unidades de abatimento de emissões atmosféricas gerarão ainda, como subproduto, o ácido sulfúrico (Portal Petrobras. Em:<http://www.petrobras.com.br/pt/>).

A RNEST foi projetada para atender às diretrizes de categoria internacional exigindo para isso um alto grau de automação, conforme condições abaixo:

- Alto nível de confiabilidade e desempenho;
- Baixo custo de manutenção;
- Automatização e otimização com controle avançado;

- Atendimento à qualidade futura dos produtos;
- Estrutura operacional adequada para atendimento ao mercado nacional;
- Baixo consumo energético;
- Uso otimizado de água;
- Respeito ao meio ambiente;
- Máxima segurança operacional;

### **3.3 O Contrato Geral de Automação**

Segundo INVENSYS (2010), o contrato geral de automação da refinaria Abreu e Lima é responsável pela implementação de todo o sistema de automação da refinaria, que é constituído principalmente pelas seguintes partes:

- *Sistema de Controle Básico:* Baseado em um Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD) em conjunção com barramentos de campo do padrão Foundation Fieldbus. O SDCD é um sistema único e integrado, responsável pelo controle e monitoração das unidades de processo e utilidades da RNEST;
- *Rede de Comunicação de Dados:* Composto basicamente por três tipos de rede (todas de padrão Ethernet) – Rede de Automação, Rede de Manutenção, Rede de Supervisão Auxiliar. A rede de automação interliga o SDCD com vários processadores de funções especiais, tais como: servidores de gerenciamento de ativos, servidores de gerenciamento de alarmes. A rede de Manutenção permite o acesso aos controladores programáveis do sistema de automação para fins de configuração e monitoração da integridade operacional destes. Por último, a rede de supervisão auxiliar destina-se à aquisição de dados de supervisão operacional disponíveis em outros sistemas que não o SDCD, como o sistema elétrico.
- *Sistema de Instrumentação de Segurança:* sistema de automação robusto para controle e monitoração de sistemas críticos de processo.

- *Simulador de Treinamento de Operadores:* Consiste em um ambiente computadorizado voltado ao treinamento do corpo técnico da Petrobras e também para simular a operação de várias unidades da refinaria.
- *Sistema de Gerência de Ativos:* será responsável pela aquisição e processamento dos dados de status e diagnóstico de todos os dispositivos de campo comunicáveis. Este sistema apresentará recursos que auxiliem tanto o planejamento como a execução de ações de manutenção.
- *Sistema de Gerência de Alarmes:* Sistema que concentra todos os alarmes de anormalidades advindos dos instrumentos e processos de campo.
- *Sistema de Monitoração de Máquinas:* Sistema baseado em produtos Bently Nevada, que se comunica através da rede de manutenção, com o objetivo de monitorar o estado de todas as máquinas através de sensores instalados junto a estas.
- *Sistema de Incêndio e Gás:* Composto basicamente por sensores de gás, fumaça e demais dispositivos de segurança.
- *Sistema de Automação e Tancagem:* contará com o Sistema de Telemetria de Tancagem–STT, destinado a concentrar os valores de todas as variáveis de processo dos tanques de armazenamento a ela associados, sendo estes: nível, temperatura e pressão.
- *Sistema de Telecomando de Válvulas Motorizadas:* Sistema destinado a efetuar a leitura cíclica das informações de status, bem como, para direcionar os comandos de atuação relativos a todas as Válvulas Motorizadas a ele interligadas.

Uma visão geral do sistema de automação da Refinaria Abreu e Lima pode ser visto nos dois diagramas em anexo: Arquitetura Geral de Automação (Anexo A) e Arquitetura dos Típicos de Interligação de Campo (Anexo B).

Através do Anexo A, em anexo, é possível visualizar que, de modo geral, a automação da refinaria é totalmente distribuída: cada unidade de processo ou utilidades está ligada a um Centro de Controle Local (CCL), onde se encontram as subestações para fornecimento de energia elétrica, os controladores programáveis e switches que são responsáveis por realizar o controle

local e por encaminhar os dados lidos para o Centro Integrado de Controle (CIC), respectivamente. O CIC concentra todos os dados de automação da RNEST, sendo ali onde se instalam as estações de controle e os servidores de suporte para sistemas adendos, como: repositório de dados, sintonia de malhas, gerenciamento de ativos, sistema interno de televisão, entre outros.

De modo geral, a execução dos trabalhos relativos ao contrato global de automação é realizada pela empresa Invensys e a Petrobras executa o trabalho de gerenciamento, fiscalização e coordenação dessas atividades, certificando a correta execução e o atendimento de padrões de qualidade e prazos estabelecidos.

## **4 DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES**

### **4.1 Etapa I – Fiscalização de Construção e Montagem em Campo**

Como já mencionado na introdução, a primeira etapa do programa de estágio foi realizada no último nível da pirâmide clássica de automação. Nesse primeiro contato com o sistema de automação da refinaria, o aluno teve a oportunidade de entender melhor o funcionamento de um SDCD e das redes de comunicação industrial e seus componentes, como sensores e atuadores. A aprendizagem obtida aqui serviu como base para o aprendizado durante todo o estágio

#### **4.1.1 Fundamentação Teórica**

##### **4.1.1.1 O Sistema Digital de Controle Distribuído**

Segundo MORAES & CASTRUCCI (2001), a automação pode ser definida como qualquer sistema, apoiado por computadores, que substitua o trabalho humano e que vise soluções rápidas e econômicas para atingir os objetivos das indústrias e dos serviços. No mundo dos complexos processos industriais, como: refinaria de petróleo, petroquímicas, usinas elétricas, farmacêuticas, indústria de alimentos e bebidas, produção de cimento, metalurgia e indústria de papel e celulose esse controle pode ser tão complexo que a utilização de métodos clássicos de controle (com o uso de uma topologia centralizada, CLP's não interconectados) não é suficiente para atingir os objetivos de eficiência e segurança do processo.

O Sistema Digital de Controle Distribuído(SDCD) foi introduzido pela Honeywell, em 1975, tendo hoje como principais atores globais: Invensys, Honeywell, ABB, Yokogawa e Siemens. A grande diferença entre o SDCD quando comparado com o CLP é que o primeiro é mais potente e robusto, possuindo uma maior capacidade de processamento e de redundância. O SDCD possibilita uma redução dos custos de instalação e manutenção, visualização holística do processo a partir de um único ponto central (sem necessariamente significar uma necessidade de disponibilidade desse ponto para continuidade do processo) e facilidade para ampliação do sistema, fatores que justificam sua instalação em grandes plantas industriais. (REGINATO, 2008)

O SDCD é composto dos seguintes elementos básicos: instrumentação de campo (sensores e atuadores), unidades de processamento e controle (cartões I/O e controladores), via de dados

(redes de comunicação) e interface homem-máquina (estações de operação e engenharia), assim como pode ser visualizado, de modo simplificado, na Figura 4 a seguir. (TROJAN)

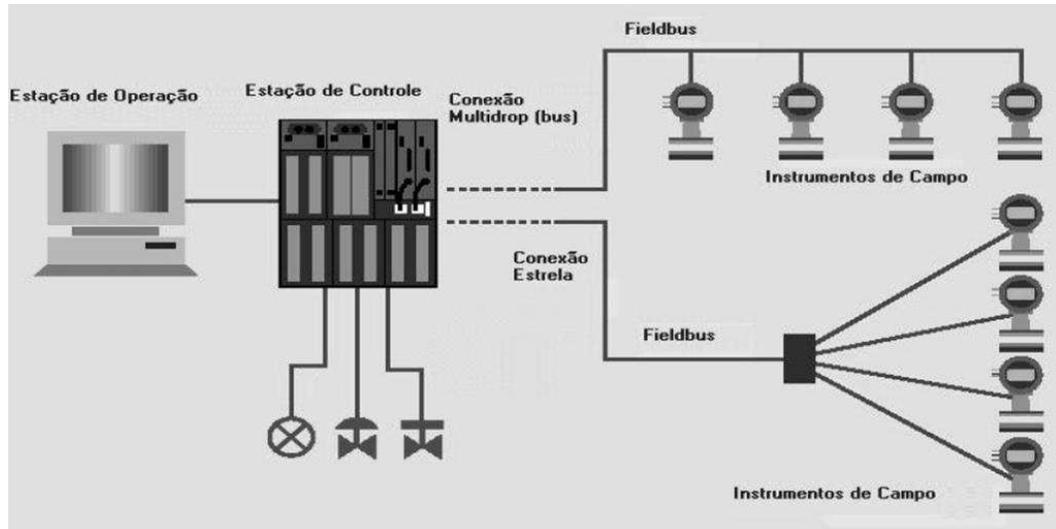


Figura 4 - Elementos Básicos do SDCD (Fonte: Cassiolato, César[2011])

#### 4.1.1.2 Instrumentação de Campo

A instrumentação industrial é utilizada para monitorar e controlar variáveis físicas e químicas de um processo, ela é geralmente subdividida em: instrumentos sensores, instrumentos atuadores e instrumentos sensores/atuadores.

Os instrumentos sensores são os elementos sensíveis do processo que detectam variáveis físicas de interesse, alguns exemplos são: termômetros, manômetros, medidores de vazão, medidores de nível e medidores de pressão. Esse tipo de elemento pode ser caracterizado de acordo com aspectos como: linearidade (variações iguais na entrada devem levar a variações iguais na saída), faixa de medida (limites inferior e superior da capacidade de medida do instrumento), resolução (valor mínimo na entrada que leva a uma variação do sinal de saída), exatidão (mede o quanto o valor lido está próximo do valor real da variável) entre outros. Um sensor pode ainda ser classificado, quanto à operação, como: ativo (não precisa de alimentação externa para produzir sinal de saída) e passivo (precisam ser alimentados para produzir sinal de saída) ou ainda, quanto à função, como: analógico (fornece um sinal de saída analógico) ou digital (fornece um sinal de saída binário). (KONDRASOVA, 2013)

Os atuadores, por sua vez, são dispositivos que convertem energia pneumática, elétrica ou hidráulica em energia mecânica, alguns exemplos de atuadores são: válvulas, motores e relés. Um atuador pode ser subdividido em duas categorias principais: atuadores lineares (dispositivo que converte o movimento de rotação de um motor de baixa voltagem de corrente contínua em um movimento linear, ou seja, movimento de empurrar e puxar) e atuadores rotativos (converte a energia de entrada em um movimento de rotação, como nas válvulas, por exemplo). (INÁCIO, 2009)

Quando usados em ambiente industrial, especialmente em áreas classificadas (local onde há presença de gases ou vapores inflamáveis) como em uma refinaria de petróleo, tanto instrumentos sensores, quanto instrumentos atuadores necessitam obedecer a determinados níveis de proteção que dependem da área que estão alocados. Tais níveis de proteção são atrelados ao tipo de invólucro que cada equipamento necessita para poder ser instalado em determinada área, os principais tipos de proteção, entre outros, são:

- a) Prova de Explosão – Ex d: Tipo de proteção capaz de suportar explosão interna sem se romper, não permitindo que a explosão se propague. Exemplo de equipamentos que usam esse tipo de proteção: disjuntores, motores.
- b) Segurança Aumentada – Ex e: Tipo de proteção destinada a reduzir a possibilidade de um equipamento atingir temperaturas excessivas ou de ocorrer arcos ou faíscas. Principais aplicações: caixas terminais, motores com rotor gaiola e TI's;
- c) Equipamentos de Segurança Intrínseca – Ex i: Tipo de proteção que garante que a energia elétrica interna de um equipamento não seja suficiente para ignição de uma atmosfera explosiva. Principais aplicações: sensores e TI's.

#### **4.1.1.3 Unidades de Processamento e Controle**

As unidades de processamento podem ser divididas tanto em cartões de entrada e saída (para condicionamento do sinal), quanto controladores programáveis (para controle).

Os cartões de entrada e saída, também chamados de cartões I/O, são responsáveis pelo condicionamento dos sinais vindos ou indo para o campo, desde adequação para níveis de corrente e tensão adequados até conversão entre o protocolo de comunicação de campo e o protocolo de comunicação proprietário interno ao SDCD. Na Figura 5, que retrata o SDCD, tais cartões estão localizados no bloco denominado estação de controle.



Figura 5 - Cartões I/O Foxboro (Fonte: Especificação Técnica do SDCD Invensys, Petrobras S/A)

Os controladores programáveis recebem, por um lado, os sinais vindos dos cartões I/O e, por outro, os sinais vindo das estações de operação e de engenharia. Esses dispositivos, como o próprio nome já adianta, são responsáveis por armazenar os blocos de controle para os instrumentos de campo (controladores da malha), ao mesmo tempo em que enviam sinais de supervisão para as estações de operação e de engenharia. A Figura 6 a seguir mostra um desses controladores.



Figura 6 - Controlador de Malha - FCP (Fonte: Especificação Técnica do SDCCD Invensys, Petrobras S/A)

#### 4.1.1.4 Via de Dados (Redes de Comunicação)

As redes de comunicação possibilitam a comunicação entre os diversos instrumentos contidos no SDCCD, sejam eles: sensores, atuadores, controladores ou IHM's. A utilização dessas redes permite a comunicação rápida e segura entre equipamentos e o uso de mecanismos padronizados, que são hoje em dia, fatores indispensáveis no conceito de produtividade industrial. Os principais protocolos de comunicação industrial disponíveis atualmente são: o Foundation Fieldbus, o Profibus e o Modbus. (MARTINS, 2012)

O *Foundation Fieldbus*(FF) é um tipo de comunicação serial e bidirecional usada em redes locais para instrumentação industrial e controle de dispositivos. Esse tipo de comunicação é normalmente utilizado em instrumentos do nível mais baixo na hierarquia de redes de comunicação digital em plantas industriais. O FF é um protocolo de comunicação livre, sem proprietário, que especificado e certificado pela *Fieldbus Foundation* (organização sem fins lucrativos que reúne os principais fornecedores e desenvolvedores de sistemas de automação no mundo). A topologia básica desse tipo de rede é mostrada na Figura 7a seguir.

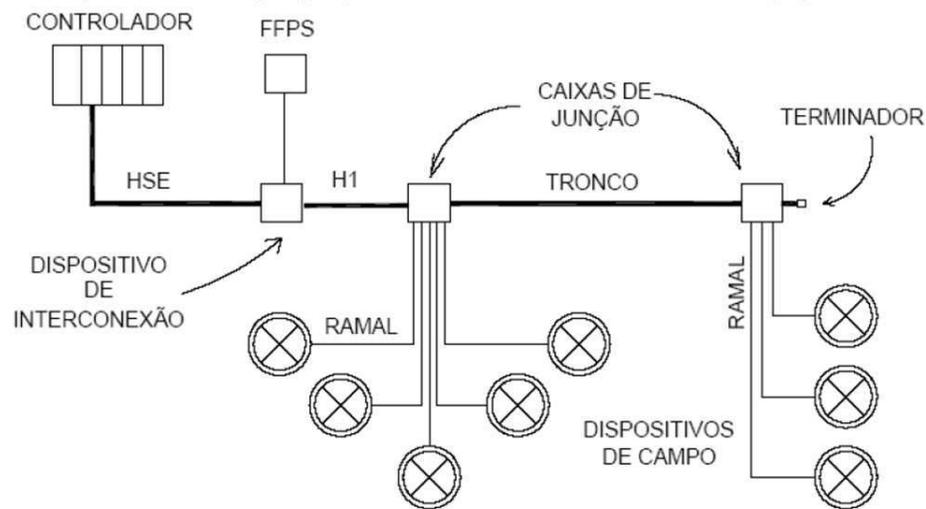


Figura 7 - Topologia da Rede *Foundation Fieldbus* (Fonte: National Instruments, *Foundation Fieldbus Overview*, [2003])

De modo geral, o *Foundation Fieldbus* possui dois protocolos: H1 e HSE. O H1 é um protocolo de comunicação serial e bidirecional que transmite a 31,5Kb/s e é usado nos dispositivos de campo, enquanto isso, o HSE é baseado em um padrão ethernet 10/100Mbps, provendo um *backbone* de alta velocidade para a rede. Na imagem pode-se identificar ainda a caixa de junção, com o objetivo de consolidar a fiação de um pequeno número de dispositivos de campo localizados na proximidade, e o tronco, que é um multicabo que conecta duas caixas de junção. (NATIONAL INSTRUMENTS, 2003)

O *Profibus* é um protocolo de automação de campo que conecta controladores e dispositivos como sensores e atuadores via um único barramento. O protocolo *Profibus* pode atingir velocidades que vão de 9,6Kbp/s até 12000Kbp/s e distâncias que vão de 50 metros até 15km, dependendo do meio físico utilizado. Os possíveis meios físicos compatíveis com esse tipo de protocolo são: RS-485 (segmento com até nove repetidores), fibra ótica e MBP-IS. (SMAR)

O *Profibus* pode ser dividido em três diferentes tipos (de acordo com sua arquitetura): o *Profibus DP* (solução de alta velocidade, desenvolvido principalmente para comunicação entre sistemas de automação e equipamentos descentralizados, atualmente utilizado na maioria das aplicações), *Profibus PA* (utilizado principalmente para automação de processos, capaz de fornecer energia para equipamentos localizados em áreas de segurança intrinsecamente seguras e outras vantagens como uma maior segurança na informação) e *Profibus FMS* (geralmente utilizado no nível de controle para comunicações mais complexas como entre CLPs e SDCDs,

por exemplo). A Tabela 1 a seguir ilustra as possíveis soluções para diferentes tipos de indústria ao utilizar o protocolo *Profibus*.(SMAR)

Market Segment	Process Automation Ex / non-Ex areas	Factory Automation	Motion Control	Safety Application
PROFIBUS Solution (Common term)	PROFIBUS PA	PROFIBUS DP	PROFIdrive	Safety
Application Profile	PA Devices (and others)	e.g. Ident Systems	PROFIdrive	PROFIsafe
Communication Technology	PROFIBUS DP	PROFIBUS DP	PROFIBUS DP	PROFIBUS DP
Transmission Technology	MBP / MBP-IS RS 485 / 485-IS	RS 485	RS 485	RS 485 MBP-IS

Tabela 1 - Indústria vs. Protocolo Profibus (Fonte: MORAES & CASTRUCCI, [2001])

O protocolo Modbus, desenvolvido originalmente pela Scheider Electric (Atual detentora da Invensys), é um protocolo de comunicação serial que possibilita a comunicação de rede do tipo SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) entre dispositivos. Em um simples exemplo, utiliza-se o protocolo *Modbus* quando se necessita que um servidor de grande porte seja usado para controlar um CLP, que por sua vez, controla um sensor ou atuador de campo. Esse protocolo obedece a uma arquitetura mestre/escravo, concedendo ao mestre o total controle do fluxo de informação.

#### 4.1.1.5 Interface Homem-Máquina

A interface homem-máquina funciona como uma espécie de janela do processo industrial, onde o operador visualiza a variável de controle de interesse e, em alguns casos, pode atuar manualmente sobre o processo. Essa interface pode estar localizada tanto junto ao equipamento em campo, quanto em salas de controle centrais ou em ambos.

Em indústrias de grande porte, como é o caso de uma refinaria de petróleo, os operadores localizados na sala de controle central podem visualizar a distância, com segurança, e de maneira integrada todo o processo fabril, do mais simples aos mais complexos, efetuando, quando necessário, ações de controle manual.

No caso da Refinaria Abreu e Lima as interfaces homem-máquinas localizadas na sala de controle central são denominadas: estações de operação e estações de engenharia, que são na verdade são desktops que efetuam atividades de visualização e controle de processos e, para alguns equipamentos, mudança remota de parâmetros internos (como o caso de *setpoints* ou níveis de alarme).

O exemplo de uma janela de interface (uma refinaria pode ter centenas) para um processo de refino pode ser observada na Figura 8, a seguir:

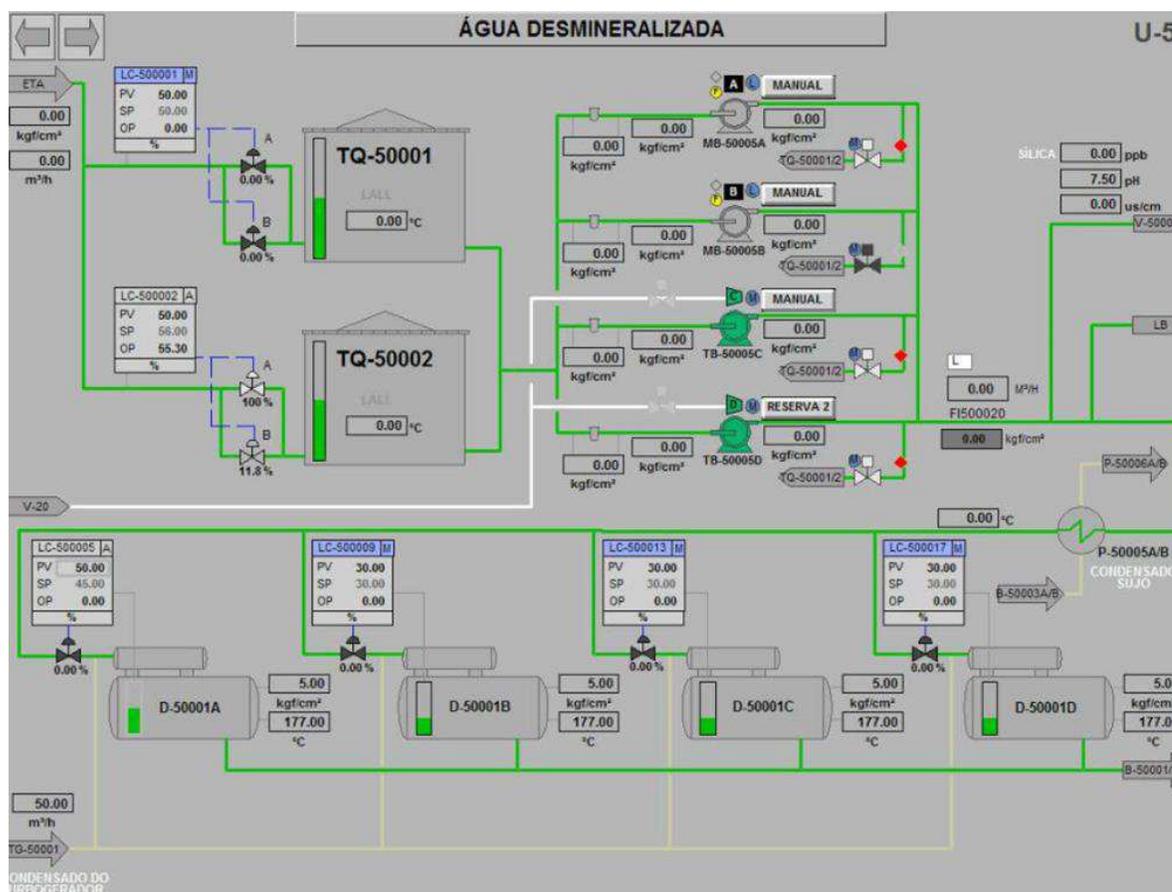


Figura 8- Janela de Interface do Processo de Água desmineralizada (Fonte: Telas de Operação da U-51, Petrobras S/A)

#### 4.1.2 Atividades Realizadas

Após a familiarização inicial com os processos e com o sistema de documentação do contrato e da Petrobras, o estagiário foi conduzido, com o devido acompanhamento de outros fiscais, para realização de atividades de fiscalização do contrato em campo. De modo geral, um fiscal de

contrato de automação é responsável por garantir a correta execução das atividades contratadas por parte da Invensys, garantindo inclusive correta adequação às normas Petrobras e o cumprimento do cronograma previamente apresentado durante a fase de planejamento da obra. O processo de gerenciamento e fiscalização era diário e consistia do acompanhamento *in loco* dos técnicos e engenheiros da empresa contratada nas diversas unidades da refinaria que cada fiscal era responsável.

Durante o processo de fiscalização,acompanha-se o desenvolvimento de atividades de montagem de painéis, passagem de cabo, montagem de instrumentos em campo, testes de continuidade e especificação da rede de comunicação em diversas áreas da refinaria, sendo as principais: Unidade de Torres de Resfriamento e Unidade de Abatimento de Emissões Atmosféricas.

Para o desenvolvimento das atividades de fiscalização foi necessário adquirir experiência em gerenciamento de pessoas (visto que o núcleo da atividade fiscalização consiste de uma intensa negociação diária com o intuito de diminuir os impactos causados por problemas emergentes e colaborar para o eficiente andamento da implementação do contrato). Além disso, foi necessário adquirir conhecimentos técnicos acerca da documentação utilizada como base pelos técnicos e engenheiros para execução das atividades de construção e montagem.

Um exemplo de documentação muito utilizado é o fluxograma de engenharia. Esse documento orienta o correto posicionamento do dispositivo, seja ele sensor ou atuador, dentro do processo de refino, identificado sua relação lógica ou física com os outros instrumentos do processo. De modo geral, é o conjunto de fluxograma de engenharia de uma unidade que orienta a correta montagem e possível identificação futura de problemas que possam vir a ocorrer durante o processo. O exemplo de um fluxograma de engenharia básico pode ser visto no Anexo C, ao final do trabalho.

Para correto entendimento do fluxograma de engenharia é necessário um conhecimento prévio acerca da norma ISA. Essa norma é responsável pela padronização dos símbolos e da nomenclatura (chamada de TAG) utilizada em todos os tipos de instrumentos que podem ser encontrados em um sistema de automação. Por exemplo, o TAG de instrumento PT significa obrigatoriamente transmissor de pressão, TIC significa obrigatoriamente Controlador Indicador

de Temperatura. Há letras com significados livres, à escolha do usuário. Por exemplo, XI pode significar Indicador de condutividade, desde que o usuário mostre na legenda que X = condutividade. Esse tipo de normatização ajuda a comunicação entre projetista e executor, sejam eles da mesma empresa ou empresas diferentes, sejam eles da mesma nacionalidade ou até de países distintos. A correta compreensão da norma ISA facilita, e muito, o estudo e o rápido entendimento dos fluxogramas de engenharia utilizados para orientação na fase de construção e montagem e para *debug* de certos problemas de implementação na fase pós-montagem/testes.

Outro documento também bastante utilizado no processo de construção e montagem das obras da Petrobras é o Diagrama de Malhas. Enquanto, o Fluxograma de Engenharia apresenta o correto posicionamento do sensor/atuador no processo industrial, o Diagrama de Malhas orienta a correta montagem do segmento de comunicação (seja ele *Foundation Fieldbus*, *Profibus* ou outro) e dos painéis de automação constantes nos Centros de Controle Locais de cada unidade da refinaria. Um exemplo desse tipo de documentação pode ser vista no Anexo D ao final do trabalho.

Em suma, durante essa primeira etapa do programa de estágio foi possível adquirir um profundo conhecimento em: sistemas de automação industrial para processos de refino (desde a instrumentação e campo, até as redes de comunicação utilizadas em baixo nível de automação), fiscalização de projetos, relacionamento interpessoal e documentação técnica de suporte à construção e montagem de sistemas de automação e controle.

#### **4.2 Etapa II – Sistemas de Automação para Gerenciamento Industrial**

Nesta etapa, a ênfase do estágio passou a ser direcionada para gerenciamento de projetos propriamente dito, onde o aluno teve a oportunidade de familiarizar-se com aspectos como a gestão de pessoas e de processos, sem obviamente sair do campo de atuação do estágio: a área de automação e controle. Dentre as atividades desenvolvidas pelo aluno durante os últimos sete meses, pode-se destacar: o planejamento das atividades das equipes sob sua supervisão, estruturação e acompanhamento de cronograma, identificação e tratativa dos problemas que pudessem estar causando desvios no cronograma original e interface entre os atores do contrato (seja através de reuniões específicas ou no cotidiano de trabalho).

## 4.2.1 Fundamentação Teórica

### 4.2.1.1 BRtuning e a Sintonia de Malhas

O software BRtuning, desenvolvido no LIEC-UFCG, é uma ferramenta capaz de identificar o modelo adequado para caracterizar uma malha de controle e a partir daí projetar os parâmetros ótimos do controle PID. De forma geral, a ferramenta realiza perturbações controladas no processo via servidor OPC (experimento), armazena as variáveis de processo durante a perturbação e realiza os cálculos para identificar o modelo e sintonizar a malha de controle. Com os dados obtidos, é possível extrair relatórios para registrar as sintonias realizadas.

O BRtuning pode ser dividido em duas interfaces básicas: o *BRtuningonline*, onde são realizados os experimentos e o *BRtuningoffline*, onde é realizada a identificação do modelo e também o projeto dos parâmetros de sintonia da malha.

Através do software é possível selecionar o modelo para o cálculo dos parâmetros dinâmicos da malha, definindo, em seguida, a técnica de experimento que será utilizada. A Tabela 2 apresenta as técnicas disponíveis para a identificação do modelo dinâmico da malha.

Modelo	Técnica
Integrador	Degrau
	Relé
	Relé-Pulso
	Margens
1ª Ordem	Degrau
	Relé
	Relé-Pulso
	Margens
2ª Ordem	Relé
	Relé-Pulso
	Margens

Tabela 2- Técnicas para identificação do modelo dinâmico da malha (Fonte: Especificação Técnica Sintonia de Malhas, Petrobras S/A)

Cada um dos modelos dinâmicos é representado por uma função transferência envolvendo as variáveis dinâmicas do processo como o ganho, o tempo morto e a constante de tempo. As funções transferência de cada um dos modelos são mostradas na Figura 9 a seguir.

$$\text{Modelo Integrador: } H(s) = \frac{Ke^{-\theta s}}{s},$$

$$\text{Modelo de 1ª Ordem: } H(s) = \frac{Ke^{-\theta s}}{1 + \tau_1 s},$$

$$\text{Modelo de 2ª Ordem: } H(s) = \frac{Ke^{-\theta s}}{(1 + \tau_1 s)(1 + \tau_2 s)},$$

**Figura 9– Funções de Transferências (Fonte: Especificação Técnica Sintonia de Malhas, Petrobras S/A)**

O modelo integrador é adotado para caracterizar processos que não se estabilizam com o tempo, como malhas de controle de nível de líquido, por exemplo. Já o modelo de 1ª ordem é adotado como modelo padrão para as malhas de controle. O modelo de 2ª ordem será utilizado apenas os resultados encontrados com o modelo de 1ª ordem não são satisfatórios. (INVENSYS, 2011)

Para os casos da refinaria, quando o modelo integrador e de 1ª ordem forem adotados, será utilizada a técnica degrau para realização do experimento, sendo esta realizada no modo de malha aberta (ou seja, sem realimentação). De modo geral, este experimento consiste-se da aplicação de um degrau (perturbação), para cima ou para baixo (a depender do processo), na variável manipulada (normalmente uma válvula), procedido do tempo de espera necessário para estabilização da saída. Em alguns casos, dois degraus consecutivos podem ser aplicados, sendo um para cima e outro para baixo, com o objetivo de se obter uma melhor dinâmica do sistema a fim de obter um modelo matemático mais realístico. A Figura 10 a seguir mostra o exemplo de um experimento realizado.

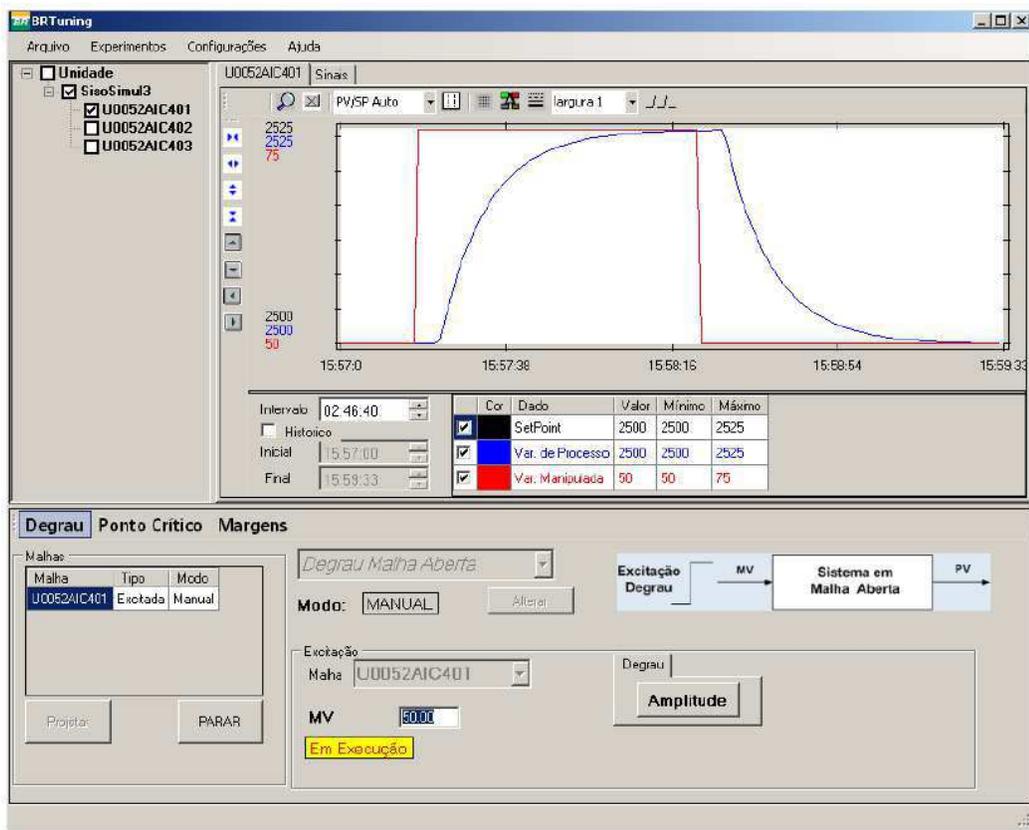


Figura 10 – Exemplo de experimento com modelo integrador e de 1ª ordem (Fonte: Especificação Técnica Sintonia de Malhas, Petrobras S/A)

No caso em que o modelo de 2ª ordem for adotado, será utilizada a técnica relé para realizar o experimento. Essa técnica será utilizada em malha aberta e consiste em ajustar a amplitude dos pulsos da saída do controlador (OP) e o número de períodos que serão executados automaticamente pelo software. Observe na Figura 11 a saída do programa quando considerada essa situação:

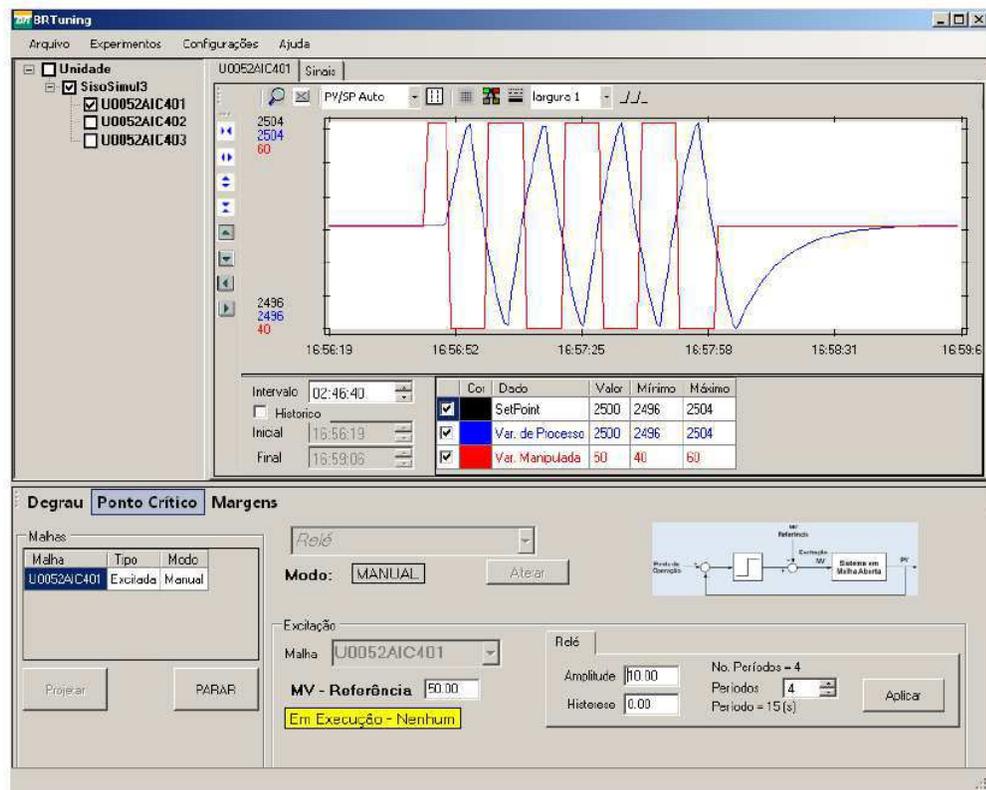


Figura 11 - Exemplo de experimento com modelo integrador e de 2ª ordem (Fonte: Especificação Técnica Sintonia de Malhas, Petrobras S/A)

Uma vez realizado o experimento, é possível, utilizando o software *BRTuningoffline* (BRTuning – Degrau, BRTuning Ponto Crítico – Pulso ou BRTuning Margens de Estabilidade) estimar as características dinâmicas do processo que são importantes para o projeto dos parâmetros PID. Essas características estimadas são o ganho da malha e o atraso, no caso do modelo integrador ou o ganho da malha, o atraso e a(s) constante(s) de tempo, no caso dos modelos de 1ª ordem e de 2ª ordem.

De posse do modelo matemático estimado do processo, é realizado o projeto do controlador. Primeiro, é executada a escolha do tipo de controlador, podendo este ser: o PI (proporcional-Integral) ou PID (Proporcional-Integral-Derivativo). Por último, é feita a escolha do método de sintonia a ser utilizado, dentre os disponíveis na Tabela 3 a seguir.

Experimento	Resposta ao Degrau	Ponto Crítico
Método de Sintonia	SIMC	Ziegler-Nichols
	IMC	Clair
	C-H-R-Load-0%,	Tyreus Luyben
	C-H-R-Load-20%	<i>Some Overshoot</i>
	C-H-R-Setpoint-0%	<i>No Overshoot</i>
	C-H-R-Setpoint-20%	
	Cohen-Cohn	
	Ziegler-Nichols	
	IAE-Murril	
	ITAE-Murril	
	IAE-Rovira	
	ITAE-Rovira	

Tabela 3- Métodos de sintonia disponíveis (Fonte: Especificação Técnica Sintonia de Malhas, Petrobras S/A)

A escolha do método de sintonia para a malha depende do valor do seu fator de incontrolabilidade, definido como  $\theta/\tau$ , calculado a partir dos parâmetros do modelo dinâmico da malha. Considerando o experimento da resposta ao degrau, para malhas com fator de incontrolabilidade pequeno ( $0 < \theta/\tau < 2$ ), é adotado como padrão o método ITAE-Murril (para controle regulatório) e o ITAE-Rovira (para controle servo). Alternativamente, poderá ser utilizado o método C-H-R-Load-0% ou C-H-R-Setpoint-0%. Para malhas com fator de incontrolabilidade grande (maior que 2), é adotado como padrão o método Cohen-Cohn. Alternativamente poderão ser usados os métodos IMC, ITAE-Murril ou ITAE-Rovira. (INVENSYS 2011)

De posse dos parâmetros do controlador a ser carregado no sistema, é ainda possível a realização de uma simulação de resposta ao degrau. Se, mediante uma inspeção visual, for considerado que essa curva atende ao comportamento esperado da malha, considera-se que os parâmetros de controle PID projetados estão adequados. A Figura 12 ilustra a tela onde pode ser projetado o controlador e realizada a simulação final do processo:

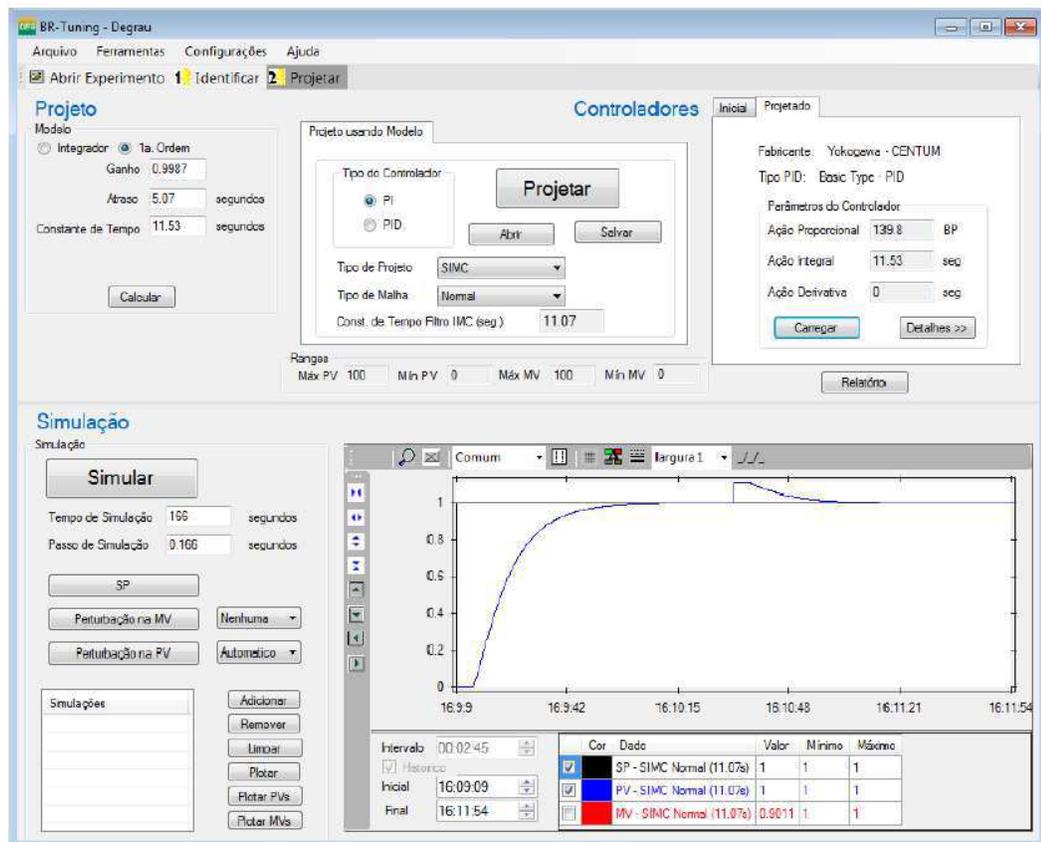


Figura 12- Tela para projeto e simulação do controlador (Fonte: Especificação Técnica Sintonia de Malhas, Petrobras S/A)

#### 4.2.1.2 O BRperfX e a Auditoria das Malhas

O software BRperfX é uma ferramenta que permite quantificar o desempenho das malhas de controle e fornecer diagnósticos que auxiliam a identificar as possíveis causas de baixo desempenho, como eventuais interferências, oscilações e problemas de instrumentação como, por exemplo, agarramento de válvulas de controle. Nesse software, o diagnóstico é feito realizando o processamento dos dados de processo em operação rotineira, adquiridos via servidor OPC. Utilizando algoritmos matemáticos, o software permite a realização de análises numéricas e gráficas para o usuário, gerando relatórios detalhados e gerenciais acessados via Intranet/Internet através de um browser (interface gráfica) e armazenados em um banco de dados.

De modo geral, o BRperfX calcula e apresenta para o usuário na forma de relatórios de vários tipos, uma série de índices que quantificam o desempenho delas em relação a vários critérios diferentes. A partir desses índices podem-se gerar notas de desempenho para elas, que serão consideradas como critérios de aceitação para uma sintonia com sucesso.

Alguns dos índices calculados pelo software são:

- *Índices de modo de operação*: indicam quanto tempo uma malha opera em um determinado modo de operação, em um período de tempo. Tais índices são usados para compor a nota final da malha, por exemplo: quanto maior o tempo de operação em manual, maior o tempo que o operador teve que intervir manualmente da malha, ou seja, mais deteriorado está o controle;
- *Índice % Saturado*: serve para diagnosticar o desempenho da válvula de controle. Ele indica o percentual de tempo que a malha opera em uma condição de saturação;
- *Índices NOSI, DELI, TUNI*: A variância de um sinal de controle pode ser decomposto em três partes: a variância devido ao ruído branco, a variância devido ao tempo morto (inacessível ao controlador *feedback*) e a variância acessível ao controlador *feedback*. A essas variâncias estão associados os índices percentuais NOSI, DELI e TUNI, respectivamente. Cada um desses índices possui valores compreendidos entre zero e um, sendo a soma deles dada por  $NOSI+DELI+TUNI=1$ .

Além de analisar os valores dos índices e notas calculadas pelo BRPerfX, convém ainda levar em consideração alguns gráficos que trazem informações importantes para garantir o bom desempenho das malhas. Um dos gráficos utilizados para auditoria da malha de controle é o gráfico da função de autocorrelação.

A função autocorrelação é uma medida da velocidade do controlador. Ela mede a influência que valores passados de uma variável têm em seu valor atual. O BRPerfX calcula essa função fazendo uso de um algoritmo que realiza a Transformada Rápida de Fourier (FFT) e apresenta essa informação nos relatórios gráficos das malhas.

Os processos naturais são altamente auto-correlacionados, enquanto que os processos controlados possuem a autocorrelação mais baixa possível. Assim, o papel do controlador é eliminar a autocorrelação da variável controlada. Se a autocorrelação da variável controlada demorar muito para cair para zero, é um indício de que é necessário melhorar a sintonia do controlador. Em um controlador bem sintonizado, a autocorrelação deve cair para zero tão logo o tempo morto d tenha se esgotado. Assim, esse será um dos critérios de aceitação da sintonia,

baseado na inspeção visual do gráfico da função de autocorrelação. A Figura 13 ilustra um exemplo de um controlador que necessita de ajustes de sintonia, enquanto que a Figura 14 ilustra um exemplo de um controlador bem sintonizado, segundo esse critério. (INVENSYS, 2011)

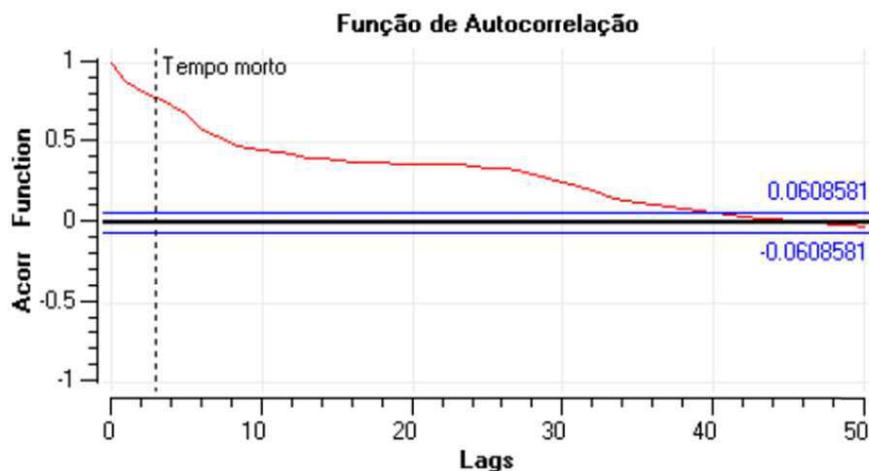


Figura 13 - Controlador que necessita de ajustes da sintonia (Fonte: Especificação Técnica Sintonia de Malhas, Petrobras S/A)

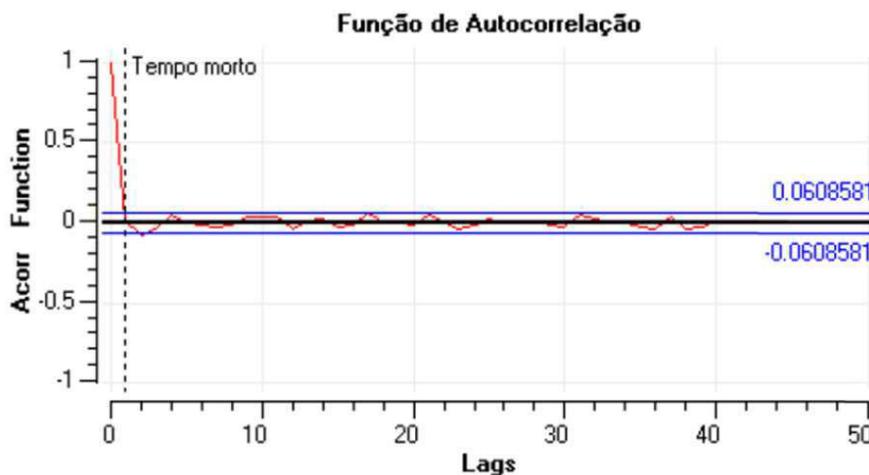


Figura 14 - Controlador bem sintonizado (Fonte: Especificação Técnica Sintonia de Malhas, Petrobras S/A)

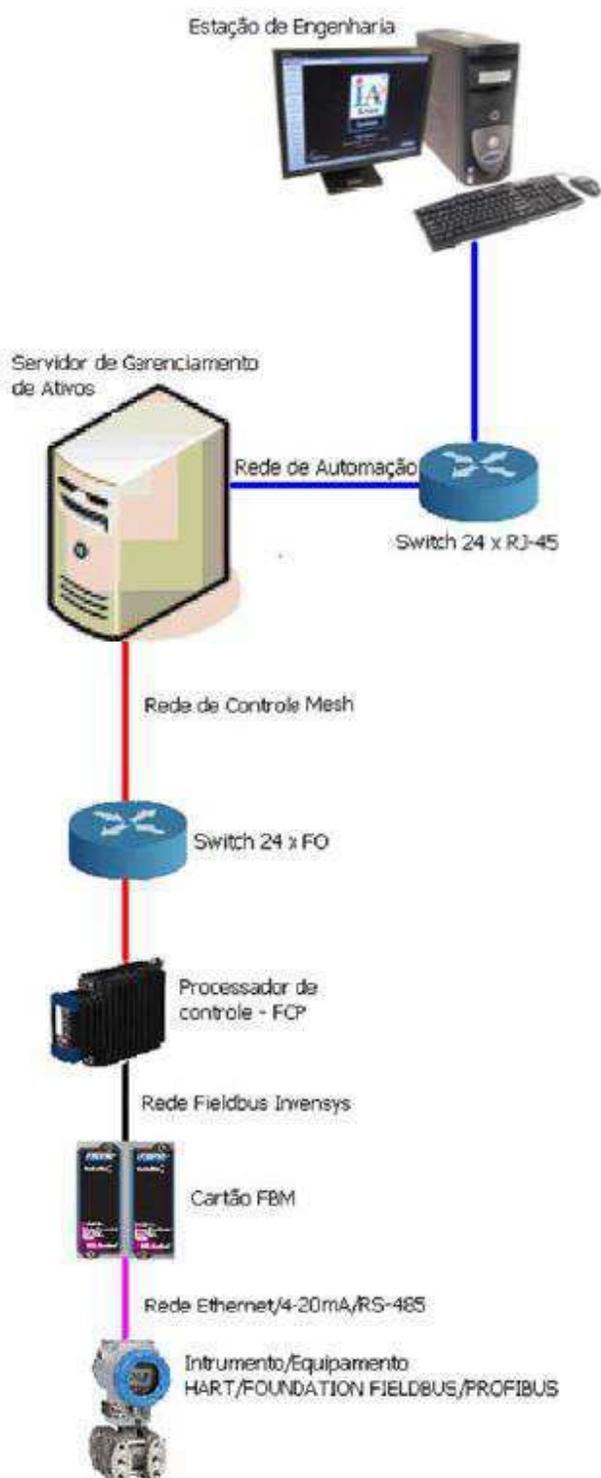
Ao final da auditoria da malha, um relatório com os diversos índices e gráficos é gerado e através de critérios de aceitação, já previamente definidos para cada tipo de malha (seja ela: malha de nível, de pressão, cascata, vaso pulmão), é decidido se a sintonia de malha original é satisfatória ou não, caso contrário, o processo de sintonia deve ser repetido.

#### 4.2.1.3 Gerenciamento de Ativos

A gestão de ativos refere-se à gestão de todo o ciclo de vida de um ativo, desde sua aquisição até o seu descarte. Um ativo se caracteriza por todo equipamento de campo que possua uma interface de comunicação e que possa ter seus dados internos (como: assinatura, *status* da memória, *status* dos conversores DA ou AD, entre outros) lidos pelo sistema de gerenciamento de ativos. O gerenciamento de ativos é fundamental para garantir o correto funcionamento da planta e a detecção preditiva das falhas em alguns instrumentos. Os benefícios da utilização desse sistema são: aumento da disponibilidade de ativos, redução de custo em reparos, aumento da produtividade, melhoria do planejamento de ações e segurança.

Nos sistemas tradicionais de gerência de manutenção de equipamentos, todas as informações sobre a condição do instrumento e atividades de calibração eram checadas, executadas e armazenadas manualmente. Com a utilização de redes de comunicações industriais modernas, como o Foundation Fieldbus ou Profibus, é possível realizar essa aquisição de informações valiosas (tais como: diagnóstico e estatística de operação, identificação do instrumento e até calibração) remotamente. (INVENSYS, 2012)

A arquitetura básica do sistema de gestão de ativos, adotada na Refinaria Abreu e Lima pode ser visto na Figura 15 a seguir:



**Figura 15 - Arquitetura do Sistema de Gestão de Ativos da Refinaria Abreu e Lima (Fonte: Memorial Descritivo do Sistema de Gerenciamento de Ativos, Petrobras S/A)**

Na RNEST é ainda realizada a integração com o sistema SAP que possibilita a criação automática e diária de um *arquivo xml* com dados de todos os equipamentos, possibilitando a manutenção preventiva e o lançamento de ordens de serviço para equipamentos disponíveis na planta. É prevista ainda uma interface web, onde os usuários credenciados podem analisar *trends* gráficos que possibilitam a visualização da situação dos ativos da refinaria, assim como pode ser visualizado na Figura 16 a seguir: (INVENSYS, 2012)

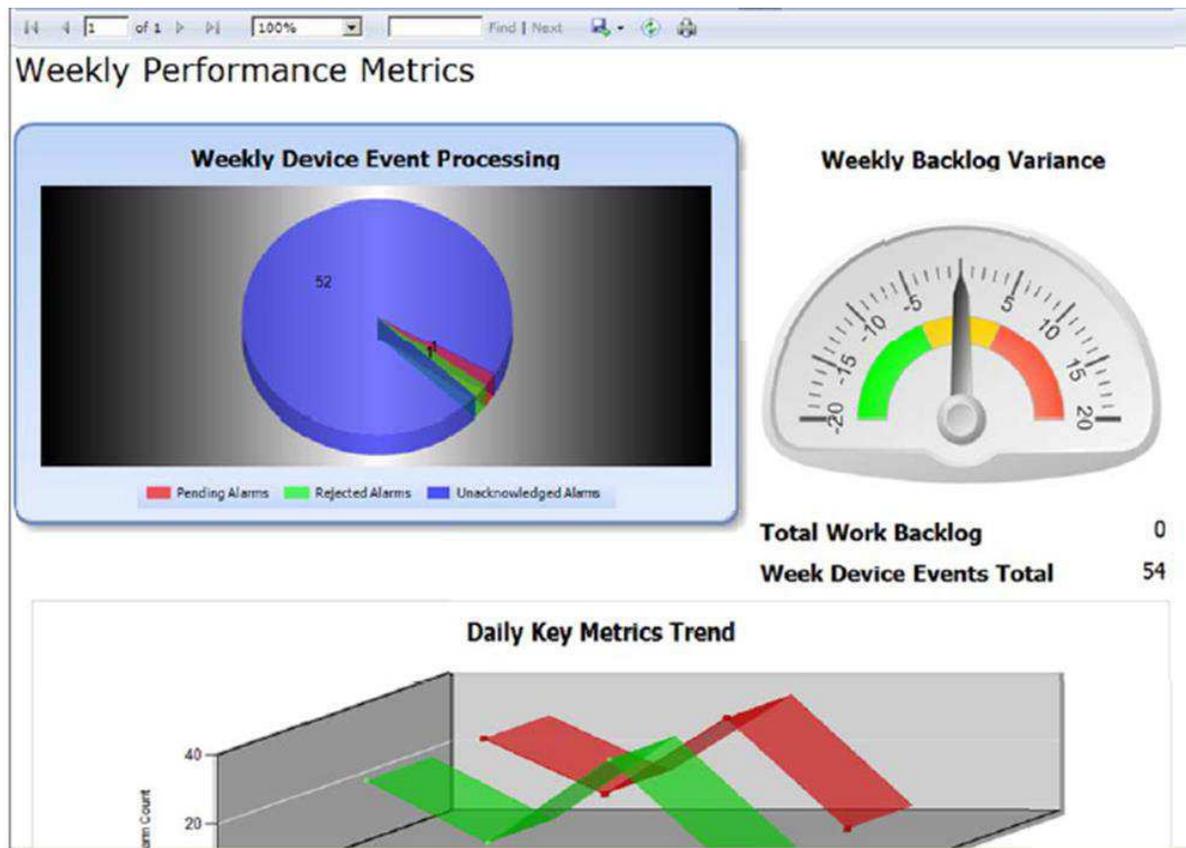


Figura 16 - Interface web para visualização da situação dos ativos da refinaria (Fonte: Especificação Técnica do Sistema de Gerenciamento de Ativos, Petrobras S/A)

#### 4.2.2 Atividades Realizadas

Entre as diversas atividades relacionadas com a área de sistemas de automação, o estagiário foi direcionado especificamente para acompanhar as atividades de: sintonia e auditoria de malhas, gerenciamento de ativos, implementação dos *firewalls* industriais e implementação do sistema de CFTV (circuito fechado de TV). Para cada área citada o aluno tinha a necessidade de interagir

(por interagir entendesse: negociar, atender as demandas e reivindicações, realizar a interface) com quatro tipos de atores distintos: o seu próprio Departamento (para o qual tinha que prestar esclarecimentos das atividades realizadas), a respectiva equipe especializada da Invensys (responsável pela execução das atividades), o Departamento de Automação da Refinaria Abreu e Lima (responsável pelo sistema de automação da RNEST, quando a mesma estiver funcionando) e o Departamento de Operação da Refinaria (responsável pela operação das unidades quando a RNEST estiver funcionando)

Como dito, cada uma das atividades da área de sistemas contava com uma equipe dedicada dentro do quadro de pessoal da Invensys, assim separado: três engenheiros para sintonia/auditoria de malhas, um engenheiro e um técnico para gerenciamento de ativos, um engenheiro para *firewalls* industriais e CFTV. Desta forma, o estagiário acompanhava diariamente a execução dos trabalhos de cinco engenheiros e um técnico, realizando as atividades acima citadas.

As atividades de sintonia/auditoria de malhas e gerenciamento de ativos começaram a ser realizadas ao mesmo tempo em que o aluno começou a acompanhar esse processo, sendo assim o estagiário teve a oportunidade de acompanhar essas atividades desde seu começo. Desta forma, a primeira ação realizada foi o levantamento da carga de trabalho para que ambos os sistemas pudessem ser entregues ao Departamento de Automação da RNEST. Essa primeira questão demandou certo tempo, cerca de duas semanas de atividades junto a cada equipe da Invensys, visto que ambos os trabalhos deveriam ser executados para cada controlador e cada ativo, respectivamente, em cada unidade da refinaria (que somam cerca de 50 ao total). Após a realização desse levantamento foi feito, em negociação com a Invensysea Automação da Refinaria, o cronograma básico inicial tanto para a sintonia quanto para o gerenciamento. A partir daí as atividades se concentraram em idealizar um método eficiente de controle de cronograma e na identificação e tratativa dos problemas que pudessem causar desvios ou impactos no cronograma original.

Especificamente para a sintonia de malhas, o estagiário desenvolveu uma ferramenta de controle que serviu de base para todos os atores (acima descritos) do trabalho, facilitando o acompanhamento por partes de todos. Um pequeno corte dessa planilha pode ser visualizado na Figura 17 a seguir, onde podem ser vistas as curvas de acompanhamento de duas unidades da refinaria, acompanhadas de suas respectivas tabelas de controle que eram atualizadas dia-a-dia.

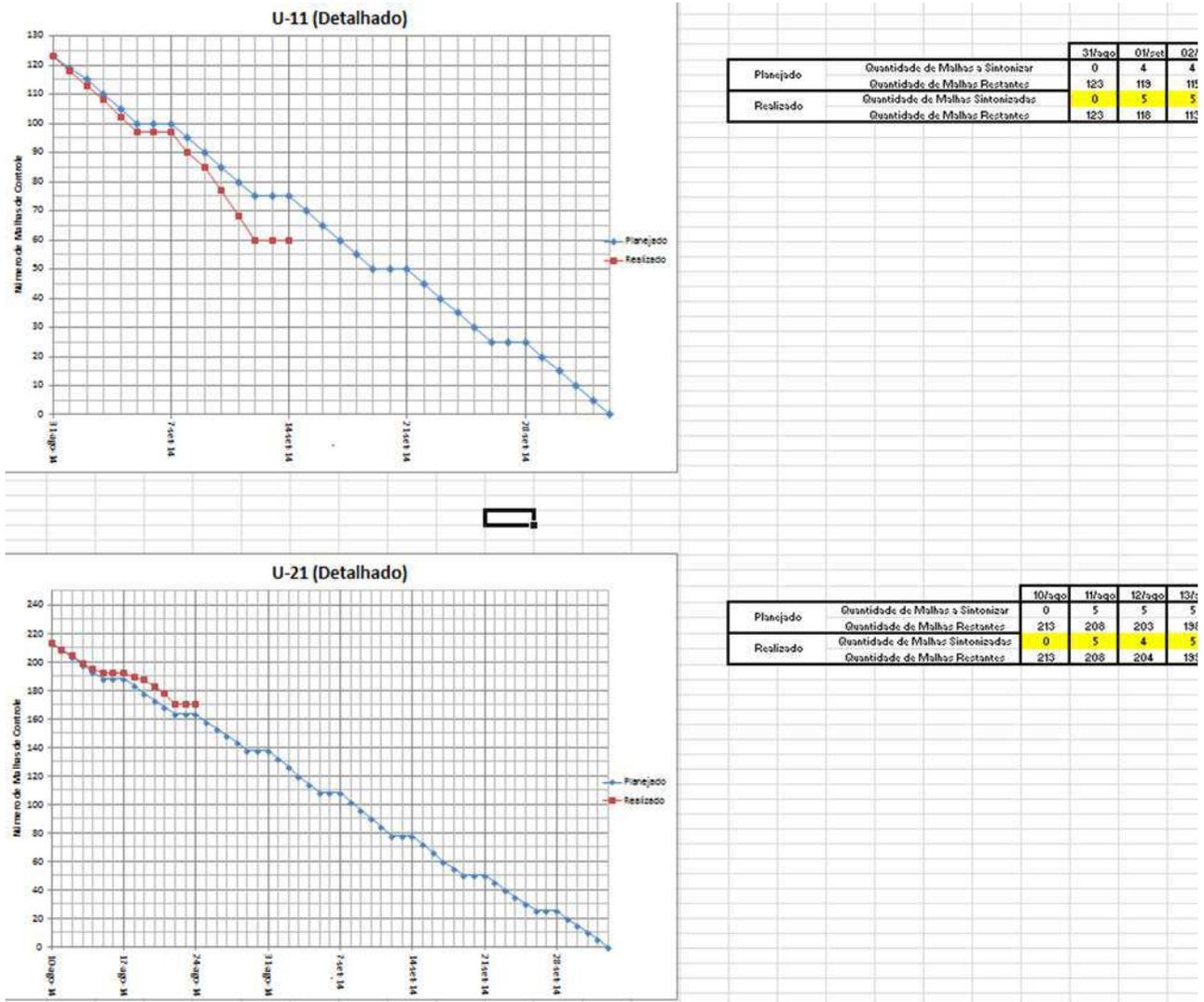


Figura 17 - Curvas de acompanhamento de unidades da refinaria (Fonte: Curvas de Acompanhamento Sintonia de Malhas, Petrobras S/A)

Outras atividades do cotidiano do aluno durante essa segunda metade do estágio eram: reuniões de alinhamento com os diversos atores do contrato (tanto periódicas, quanto sob demanda), negociação com os interessados a fim de sanar os possíveis gargalos que ocorriam durante a execução de uma atividade e consolidação dessas informações junto ao pessoal de controle e acompanhamento da Refinaria e do próprio Departamento.

Devido à grandiosidade do empreendimento e a atmosfera dinâmica e continuamente mutável de uma implementação de um sistema de automação dessa magnitude diversos problemas e contratempores precisaram ser sanados ao longo do acompanhamento das atividades, dentre eles podemos destacar alguns exemplos abaixo mencionados, seguidos das respectivas soluções:

- Sintonia de Malhas
  - **Problema:** Falta de uma condição de operação estável (sem perturbações) na realização da sintonia de malhas de um determinado controlador.
  - **Solução:** Negociar com a operação a liberação de tais malhas para início da atividade de sintonia ou encontrar uma próxima janela de disponibilidade para que tal processo pudesse ser realizado.
  - **Periodicidade do problema:** diariamente.
- Gerenciamento de Ativos
  - **Problema:** Ativos que não apareciam no sistema e impossibilitavam a configuração destes dentro do sistema de gerenciamento de ativos da Refinaria.
  - **Solução:** Encontrar as possíveis causas desse problema para que a configuração do sistema pudesse continuar. Em geral as possíveis causas eram: falha na comunicação do dispositivo ou falta da rota de comunicação que ligava o centro de controle local, onde esse dispositivo estava inserido, e o centro de controle central, onde o sistema de gerenciamento de ativos estava sendo configurado.
  - **Periodicidade:** diariamente.
- Implementação do Sistema de CFTV
  - **Problema:** Falta de infraestrutura necessária para instalação dos servidores de *Firewall* que impactava diretamente na conexão das câmeras de CFTV ao sistema de automação da Refinaria.
  - **Solução:** Acionamento dos responsáveis pela implementação dessa infraestrutura e negociação de uma data para entrega, visando o cumprimento do cronograma original da implementação dos *Firewalls*.
  - **Periodicidade do Problema:** Aconteceu uma única vez, porém o acompanhamento da solução foi contínuo, durante aproximadamente dois meses.

- Implementação dos *Firewalls* industriais
  - **Problema:** Necessidade de configuração dos *Firewalls* industriais, visto que esse serviço não era executado pela própria Invensys.
  - **Solução:** Foi necessário entrar em contato com a empresa responsável pelo sistema para agendamento da equipe técnica responsável por esse trabalho, visando o atendimento ao cronograma original.
  - **Periodicidade do Problema:** Aconteceu uma única vez, porém o acompanhamento da solução foi contínuo.

De modo geral, nessa etapa, o estagiário teve uma oportunidade ímpar para absorver noções acerca do gerenciamento de projetos ao mesmo tempo em que adquiria conhecimentos profundos e práticos nos sistemas que estava acompanhando, em específico: sintonia/auditoria de malhas e gerenciamento de ativos. A liberdade de decisão e a autonomia repassada pelo seu orientador nessa etapa foram bastante importantes para que o aluno tivesse uma experiência mais próxima da realidade de um verdadeiro funcionário da empresa e serviram de estímulo durante todo esse período.

## 5 CONCLUSÃO

O período de aproximadamente 1000 horas de estágio na Petrobras S/A foi muito enriquecedor desde o início, primeiro por se tratar de uma das maiores obras do país na atualidade (considerando todos os seguimentos) e depois por disponibilizar ao estudante uma plataforma de aprendizagem contínua e de ponta, com as melhores técnicas e tecnologias do mercado atualmente. A oportunidade de conviver com um projeto extremamente complexo e com profissionais altamente qualificados possibilitou um enorme aprendizado durante todo o programa.

O aprendizado prático da instrumentação e automação industrial, aquisição de vastos e preciosos conhecimentos de gerenciamento de projetos e o aprendizado acerca de sistemas de automação industrial como: gerenciamento de ativos, sintonia de malhas, zonas desmilitarizadas e redes de automação foram alguns dos maiores conhecimentos adquiridos durante esses últimos oito meses. Não se pode deixar de evidenciar a atmosfera dinâmica da implementação de um sistema de automação desse porte, onde problemas e mudanças surgem a todo o momento, levando o aluno a incrementar seu pensamento analítico, sua potencialidade de relacionamento interpessoal e sua postura profissional, conhecimentos esses, bastante valorizados no mercado de trabalho.

Por fim, pode-se afirmar com segurança que o estágio atendeu todas as suas expectativas ao possibilitar a aquisição de novos aprendizados e a consolidação dos conhecimentos anteriormente obtidos ao longo dos anos de universidade. Essa imersão completa no mercado de trabalho possibilitou uma visão ampla do mundo industrial e corporativo, uma plataforma de aprendizado de tempo integral e a oportunidade de aprender, na prática, com profissionais extremamente experientes da sua futura área de trabalho. Todos esses aspectos tornaram o estágio essencialmente importante para o desenvolvimento profissional do aluno, superando todas as expectativas iniciais.

## REFERÊNCIAS

MORAES& CASTRUCCI. *Engenharia de Automação Industrial*. 1 ed. São Paulo: LTC, 2001.

Reginato, Romeu. Aula do Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD). Disciplina: Controladores Industriais de Processo. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Junho de 2008

Martins, Geormar. *Apostila de Princípios de Automação Industrial*. Universidade Federal de Santa Maria. Março de 2012.

Trojan, Flávio. Aula do Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD). Disciplina: Dispositivos de Programação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Kondrasova, Igor . *Transdutores, Sensores e Atuadores*. Universidade do Estado de Santa Catarina. 2013

SMAR. Profibus Protocol. Disponível em: <http://www.smar.com/en/profibus>. Acesso em: 01/10/2014

Cassiolato, César. *Redes Industriais*. Disponível em:

<http://www.smar.com/newsletter/marketing/index150.html>. Acesso em: 01/10/2014

INÁCIO, M. J. *Sensores e Atuadores*. Faculdade de Ciências do Tocantins. 2009.

National Instruments. *Fieldbus Foundation Fieldbus Overview*. Maio de 2003.

Invensys do Brasil. *Especificação Técnica do SDCD Invensys*. Contrato Global de Automação da Refinaria Abreu e Lima, Petrobras S/A. 2010

Invensys do Brasil. Telas de Operação da U-51, Água Desmineralizada. Contrato Global de Automação da Refinaria Abreu e Lima, Petrobras S/A. 2010

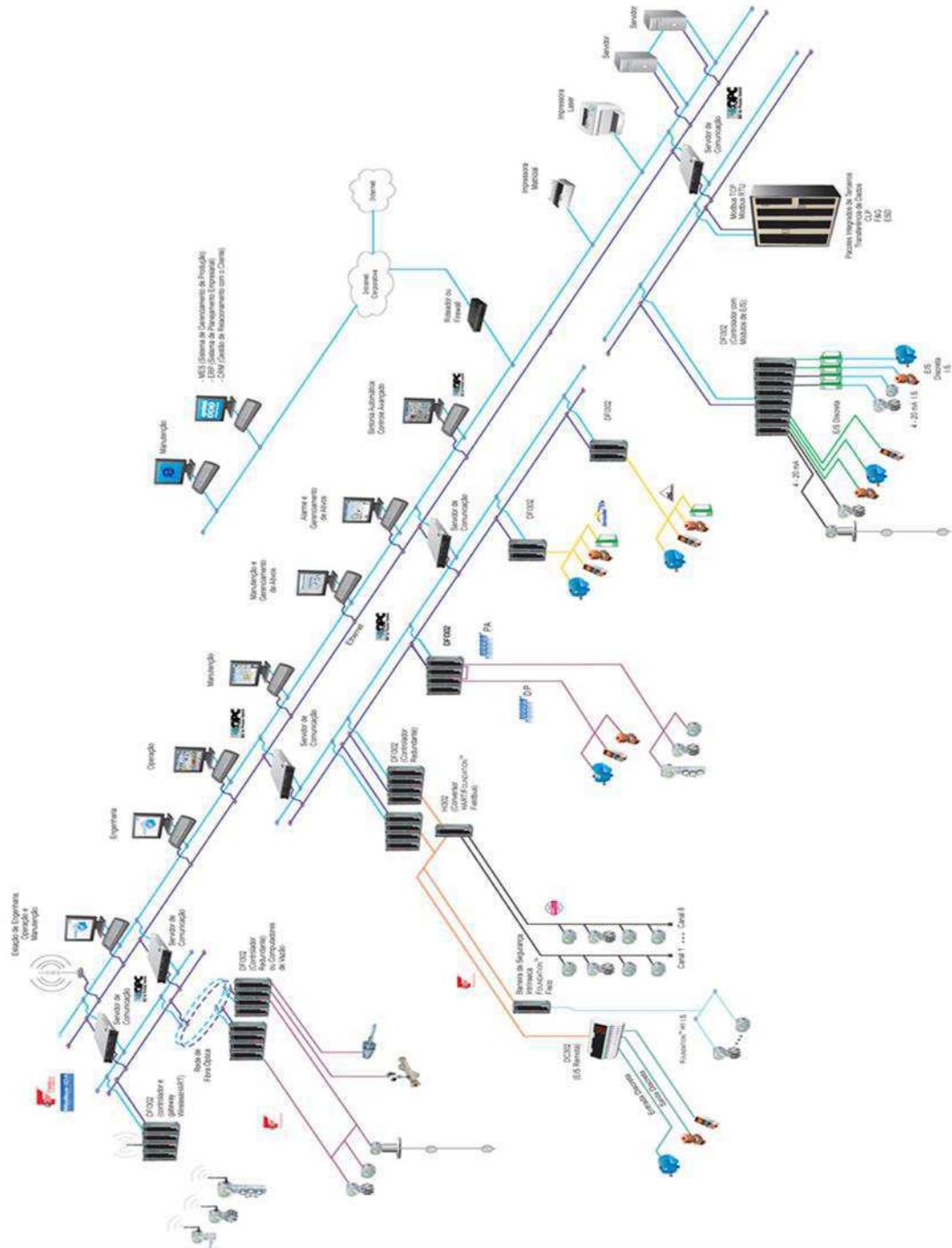
Invensys do Brasil. Especificação Técnica Sintonia de Malhas. Contrato Global de Automação da Refinaria Abreu e Lima, Petrobras S/A. 2011

Invensys do Brasil. Especificação Técnica do Sistema de Gerenciamento de Ativos. Contrato Global de Automação da Refinaria Abreu e Lima, Petrobras S/A. 2012

Portal Petrobras. Disponível em: <http://www.petrobras.com.br/pt/>

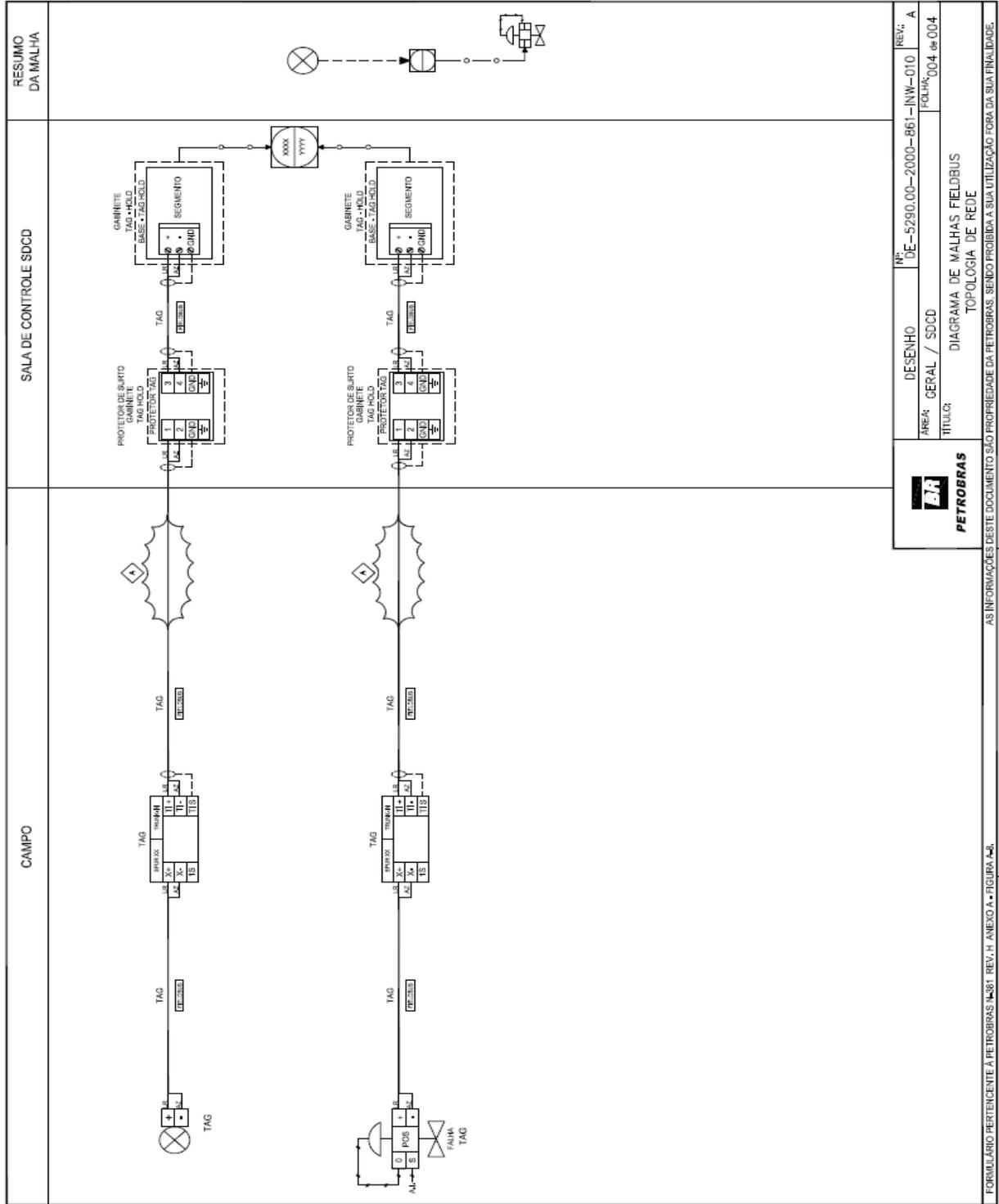
# ANEXO A - Arquitetura Geral de Automação

Fonte: Cassiolato, César[2011]



## ANEXO B - Arquitetura dos Típicos de Interligação de Campo

Fonte: Documentação de Projeto - Diagrama de Malhas Fieldbus



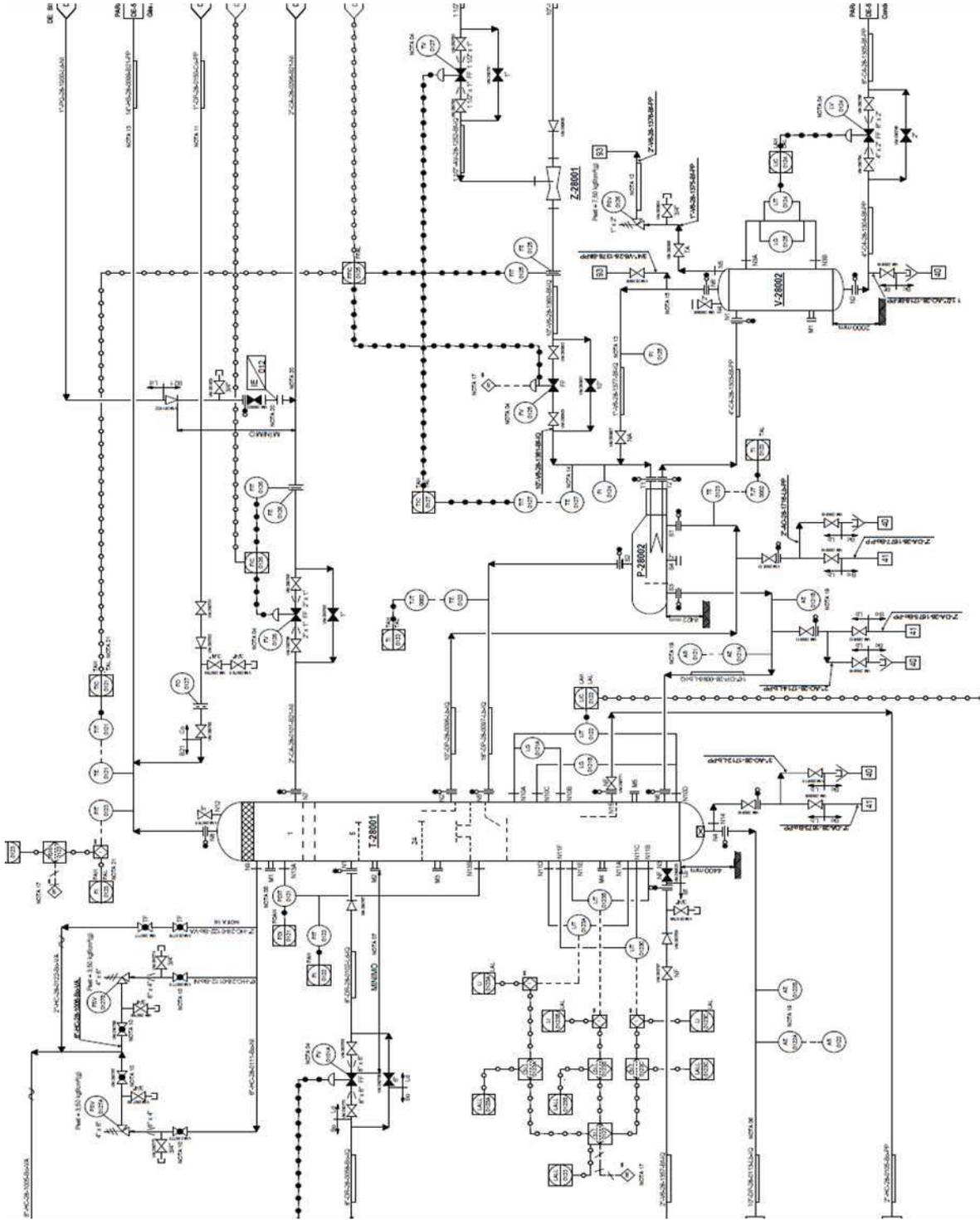
<b>BR</b> <b>PETROBRAS</b>	DESENHO Nº DE-5290.00-2000-861-NW-010 REV: A
ÁREA: GERAL / SDCD	FOLHA: 004 de 004
TÍTULO: DIAGRAMA DE MALHAS FIELDBUS TOPOLOGIA DE REDE	

FORMULÁRIO PERTENCENTE À PETROBRAS Nº 81 REV. II ANEXO A - FIGURA A-4

AS INFORMAÇÕES DESTES DOCUMENTOS SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A SUA UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.

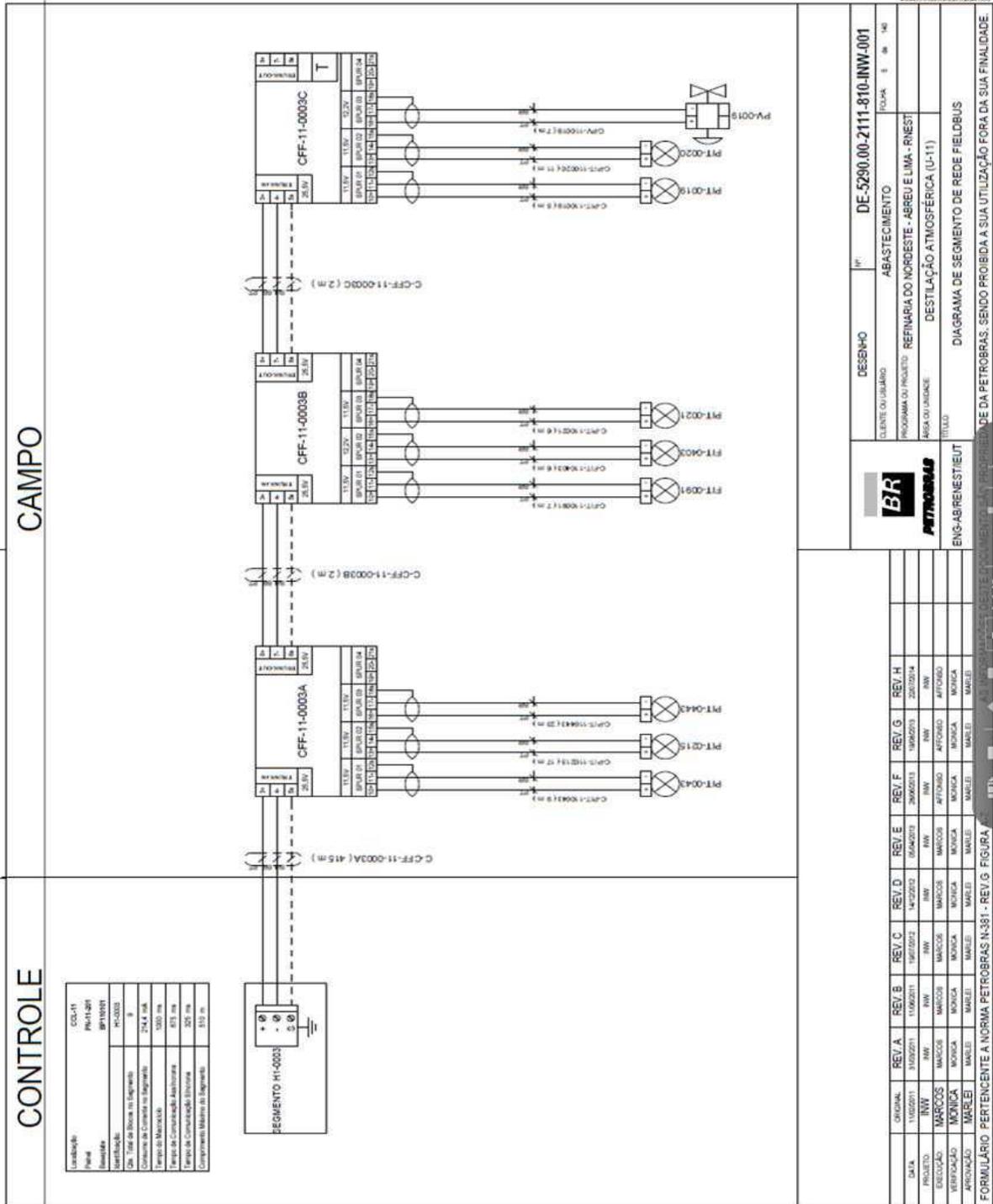
### ANEXO C – Fluxograma de Engenharia

Fonte: Documentação de Projeto - Fluxograma de Engenharia da U-50



### ANEXO D – Diagrama de Malhas

Fonte: Documentação de Projeto - Diagrama de Malhas Fieldbus



Localização:	COL-11
Plano:	PL-11-201
Assinatura:	BR110001
Identificação:	H1-0003
Qtd. Total de Blocos no Diagrama:	8
Comprimento de Comunicação no Diagrama:	274,4 m
Tempo de Comunicação:	1000 ms
Tempo de Comunicação Atenuada:	875 ms
Tempo de Comunicação Elétrica:	207 ms
Comprimento Máximo de Segmento:	415 m

CLIENTE OU USUÁRIO	ABASTECIMENTO	FOUNDAÇÃO	BR
PROGRAMA OU PROJETO	REFINARIA DO NOROESTE - ABREV E LIMA - RNESIT		
ÁREA OU UNIDADE	DESTILAÇÃO ATMOSFÉRICA (U-11)		
TÍTULO	DIAGRAMA DE SEGMENTO DE REDE FIELDBUS		
DESENHO Nº	DE-5290.00-Z111-810-INW-001		
ENGENHEIRO	BR		
PROJETO	MARCOS	REV. A	REV. B
VERIFICAÇÃO	MÔNICA	REV. C	REV. D
APROVAÇÃO	MARLEI	REV. E	REV. F
		REV. G	REV. H
		REV. I	REV. J
		REV. K	REV. L
		REV. M	REV. N
		REV. O	REV. P
		REV. Q	REV. R
		REV. S	REV. T
		REV. U	REV. V
		REV. W	REV. X
		REV. Y	REV. Z

FORMULÁRIO PERTENCENTE A NORMA PETROBRAS N-381 - REV. G FIGURA 1.3