
**Universidade Federal de Ouro Preto
Departamento de Computação e Sistemas
Curso Sistemas de Informação**



UFOP
Universidade Federal
de Ouro Preto

***Diagnóstico Automatizado de
Controladores Lógicos
Programáveis***

Thiago Fernandes Pantuza Moura

**TRABALHO DE
CONCLUSÃO DE CURSO**

ORIENTADOR:
Prof. MSc. George Henrique Godim da Fonseca

**Junho, 2014
João Monlevade/MG**

Thiago Fernandes Pantuza Moura

***Diagnóstico Automatizado de Controladores
Lógicos Programáveis***

Orientador: Prof. MSc. George Henrique Godim da Fonseca

Versão final da monografia a ser apresentada ao Curso de Sistemas de Informação do Departamento de Computação e Sistemas, como requisito parcial para aprovação na Disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II.

**Universidade Federal de Ouro Preto
João Monlevade
Junho de 2014**

TERMO DE RESPONSABILIDADE

O texto do trabalho de conclusão de curso intitulado “**Diagnóstico Automatizado de Controladores Lógicos Programáveis**” é de minha inteira responsabilidade. Declaro que não há utilização indevida de texto, material fotográfico, código de programa fonte ou qualquer outro material pertencente a terceiros sem o devido referenciamento ou consentimento dos referidos autores.

João Monlevade, 26 de junho de 2014

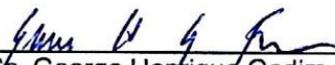
Thiago Fernandes Pantuza Moura

FOLHA DE APROVAÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

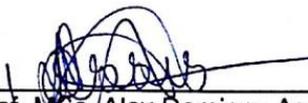
Diagnóstico Automatizado do Hardware da Automação

Thiago Fernandes Pantuza Moura

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Exatas e Aplicadas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial da disciplina CEA499 – Trabalho de Conclusão de Curso, do curso de Bacharelado em Sistemas de Informação, e aprovada pela Banca Examinadora abaixo assinada:



Prof. MSc. George Henrique Godim da Fonseca
Mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Minas Gerais – MG, Brasil
Orientador
Departamento de Computação e Sistemas - UFOP



Prof. MSc. Alex Damiany Assis
Mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Viçosa – MG, Brasil
Examinador
Departamento de Ciências Exatas e Aplicadas - UFOP



Prof. MSc. Marlon Paolo Lima
Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais – MG, Brasil
Examinador
Departamento de Computação e Sistemas - UFOP

João Monlevade, 26 de junho de 2014

Resumo

O presente trabalho consiste no desenvolvimento de uma ferramenta computacional eficiente o bastante para conseguir monitorar em tempo real todos os Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) de uma determinada indústria. Este monitoramento tem como objetivo facilitar o diagnóstico de falhas e permitir uma atuação mais rápida e eficiente de forma a reduzir os impactos destes frequentes problemas. A aplicação desenvolvida teve grande aceitação pela Vale, empresa onde o trabalho foi realizado e já esta se providenciando replicações para outras unidades e um maior aperfeiçoamento deste diagnóstico automatizado.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus. Aos meus pais Nelma e Eduardo por acreditarem em mim e sempre me incentivarem. Ao meu irmão Diego por todo apoio prestado durante essa caminhada. Aos meus avós Vovô João e Vovó Titinha por ter me ensinado a principal lição que levo nessa vida que é a de sempre acreditar no meu potencial para atingir todos os meus objetivos por mais difíceis que eles pareçam ser.

Não poderia de forma alguma deixar de agradecer a minha namorada Raíssa Isabelle que apesar de ter chegado na reta final desse desafio, sem dúvidas nenhuma tem uma grande parte creditada a ela. Por estar a meu lado em cada sucesso obtido, mas principalmente em cada dificuldade que encontrei, sempre me ajudando quando preciso.

Agradeço a todos os meus professores a quem devo todo o conhecimento adquirido ao decorrer do curso e principalmente por me ensinarem verdadeiramente como é estudar. Destacando os que mais acreditaram em mim como Dr. Alexandre Xavier Martins que me orientou na pesquisa de iniciação científica e o Msc. George Fonseca a quem tive o prazer de ser companheiro de classe e alguns meses depois ser orientado por ele no trabalho de conclusão de curso.

À todos os amigos que formei durante essa jornada, que tive o prazer de dividir trabalhos, virar várias noites estudando para provas que pareciam impossíveis de se fazer e sempre me apoiaram em todas as dificuldades que encontrei. Em especial aos que tiveram mais tempo ao meu lado como o Thales Biolck, Luís Henrique Vieira, Carlos Alexandre Rodrigues, Paula Silveira Reis, Paula Linhares, Lucas Alvine, Marcelo Assis e vários outros.

Agradeço também a toda equipe do Centro Educacional Santa Edwiges, que acreditou no meu potencial e me permitiu ter o prazer de iniciar minha carreira de Professor quando tinha apenas 20 anos. Em especial à Simone Melo Lopes, Tida Vieira, Cida Costa, Janine Tessarolo Zerbini, Geraldo Padrão, Moisés Botelho, Alexandre Araújo, Adalberto Vinicius e todos os outros funcionários que tive o prazer de trabalhar durante esses anos.

À toda a equipe Vale por me ajudar a colocar em prática todo conteúdo teórico que adquiri na universidade. Em especial ao Thiago de Oliveira Rezende e ao Thiago Maia de Rezende que foram os responsáveis pela minha contratação no processo seletivo, ao Eduardo Pereira Silva a quem devo praticamente todo conhecimento obtido com relação aos sistemas desta empresa que tive o enorme prazer de trabalhar e à toda equipe GAUAS por prestar todo o apoio necessário, sempre que precisei desde o início.

Sumário

<i>TERMO DE RESPONSABILIDADE</i>	<i>III</i>
RESUMO	V
AGRADECIMENTOS	VI
SUMÁRIO	VIII
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABELAS	X
1 INTRODUÇÃO	11
1.1 A VALE.....	12
1.2 OBJETIVOS	12
1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	13
2 REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS (CLP)	14
2.2 SISTEMAS PIMS.....	14
2.3 MANUTENÇÃO INDUSTRIAL	15
3 INFRAESTRUTURA	17
3.1 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS	17
3.1.1 <i>Arquitetura básica do CLP</i>	17
3.2 SISTEMA PIMS	21
<i>PI System</i>	24
3.3 DATA CENTER	27
3.3.1 <i>Infraestrutura de Rede</i>	28
3.3.2 <i>Segurança Física</i>	28
3.3.3 <i>Combate e Prevenção de incêndios</i>	30
3.3.4 <i>Refrigeração</i>	30
3.3.5 <i>Energia</i>	31
3.4 ARQUITETURA GERAL - BRUCUTU	32
3.4.1 <i>Controladores Lógicos Programáveis</i>	33
3.4.2 <i>Sistema Supervisório</i>	33
3.4.3 <i>Sistema PIMS</i>	35
4 SOFTWARE DE DIAGNÓSTICO	37
4.1 INTRODUÇÃO AO PI AF.....	37
4.2 ÁRVORE DE DISPOSITIVOS.....	38
4.3 TEMPLATES.....	40
4.3.1 <i>Organization Blocks</i>	41
4.3.2 <i>Scan</i>	41
4.4 APLICAÇÃO DE DIAGNÓSTICO - PROCESSBOOK.....	44
4.4.1 <i>Dados do CLP</i>	45
4.4.2 <i>Painel Frontal</i>	46
4.4.3 <i>Saúde</i>	46
4.4.4 <i>Scan</i>	47
4.4.5 <i>Falhas</i>	48
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

Lista de Figuras

- Figura 3.1** – Arquitetura básica do CLP
- Figura 3.2** – Interface Homem-Máquina (IHM)
- Figura 3.3** – Arquitetura do Sistema PIMS
- Figura 3.4** – Estrutura do Sistema PIMS
- Figura 3.5** – Gráfico de tendência
- Figura 3.6** – Área do processo produtivo
- Figura 3.7** – Rack que abriga componentes de rede
- Figura 3.8** – Controle de acesso
- Figura 3.9** – Câmera de segurança
- Figura 3.10** – Sistema de controle de Incêndio
- Figura 3.11** – Sistema de refrigeração
- Figura 3.12** – No-breaks e Subestação de alimentação do Data Center
- Figura 3.13** – Arquitetura Geral da Automação na mina de Brucutu
- Figura 3.14** – Processo de Beneficiamento de Minério de Ferro no Complexo Brucutu
- Figura 3.15** – Arquitetura do Supervisório
- Figura 4.1** – Dispositivos Monitorados pelo CLP 132A-01
- Figura 4.2** – Árvore de CLPs
- Figura 4.3** – Sistema automatizado
- Figura 4.4** – Ciclo de Scan
- Figura 4.5** – Variáveis de Monitoramento
- Figura 4.6** – Aplicação de Diagnósticos dos CLPs de Brucutu
- Figura 4.7** – Dados do Controlador Lógico Programável
- Figura 4.8** – Painel Frontal
- Figura 4.9** – Saúde do Controlador Lógico Programável
- Figura 4.10** – Scan
- Figura 4.11** – Gráfico de Scan
- Figura 4.12** – Falhas

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 – Custo Total da Manutenção/Faturamento Bruto

Tabela 2.2 – Indicadores de Disponibilidade

Tabela 3.1 – Redução da demanda de mão de obra no setor de operação do Tripper na Vale - Brucutu

1 Introdução

Um dos maiores objetivos das organizações empresariais é o aumento dos lucros. Motivados por isso, diversos estudos e teorias são iniciados no dia a dia das empresas. Uma das variáveis que possibilitam esse aumento nos lucros é o aumento da produtividade, mas há incontáveis formas de se alcançar esse objetivo. Laudon e Laudon (2011) afirmam que os sistemas de informação podem constituir um grande diferencial competitivo ao permitir que as empresas atinjam excelência operacional – sejam capazes de produzir mais utilizando melhor os recursos disponíveis. No presente trabalho desenvolveu-se uma aplicação computacional com o objetivo de reduzir o tempo ocioso de maquinário de automação e otimizar o processo de manutenção industrial para alcançar a excelência operacional e o aumento de lucros e de competitividade.

A empresa utilizada para a implantação do projeto de diagnóstico automatizado de controladores lógicos programáveis foi a Vale, maiores informações sobre a empresa são dadas na Seção 1.1. Na Vale praticamente todo o processo de produção é automatizado por máquinas com a função de exercer hoje o papel que antes era do homem. Segundo Souza (2005), os principais motivos que levam as empresas a automatizarem seus processos produtivos são:

- redução de custos de pessoal devido à substituição por máquinas;
- aumento da qualidade dos produtos devido à precisão das máquinas;
- redução dos produtos em estoque devido ao aumento de produtividade;
- redução nas perdas dos produtos;
- diminuição no tempo de fabricação.

Além das vantagens citadas por Souza (2005), podemos citar ainda a redução do número de acidentes de trabalho. A partir das vantagens supracitadas pode-se concluir que a automação é uma forma de reduzir os custos e conseqüentemente aumentar os lucros. Entretanto há desvantagens em se automatizar um processo produtivo. A principal delas sem dúvidas são os tempos de paradas dessas máquinas automatizadas causados por falhas físicas ou lógicas.

1.1 A Vale

Segundo Giacomo (2012), a Vale é uma das maiores mineradoras do mundo. Brasileira, criada para a exploração das minas de ferro na região de Itabira, no estado de Minas Gerais em 1942 no governo Getúlio Vargas, a Vale é hoje uma empresa privada, de capital aberto, com sede no Rio de Janeiro, e com ações negociadas nas principais bolsas de valores do mundo.

A empresa é a maior produtora mundial de minério de ferro e pelotas, matérias-primas essenciais para a fabricação de aço. Suas minas estão concentradas no Brasil, onde operam também plantas de pelotização. Um dos objetivos da empresa é investir em tecnologia para aumentar a vida útil de minas de minério de ferro, beneficiando minérios de baixo teor, aumentando sua capacidade de produção e contribuindo para a preservação do meio ambiente (VALE, 2014).

1.2 Objetivos

O principal objetivo do presente trabalho consiste em desenvolver uma ferramenta computacional capaz de auxiliar equipes de manutenção a atuar de maneira mais rápida e eficiente nos focos dos problemas e criar indicadores que tem como objetivo prever quando um determinado equipamento irá falhar.

O cenário da empresa em questão é bastante amplo e já existem sistemas de controle e monitoramento de todas as máquinas que estão espalhadas por toda a planta produtiva. Assim, o presente trabalho terá um foco diferente e inovador ao monitorar os sistemas de controle e monitoramento dessas máquinas. Todos esses equipamentos que se encontram espalhados pela planta automatizada da empresa são controlados e monitorados por dispositivos computacionais chamados de Controladores Lógicos Programáveis (CLPs).

Uma falha que ocorra em um CLP acarreta na parada de um setor inteiro da empresa, causando grandes prejuízos financeiros. Como exemplo, considere a mina de Brucutu. Nessa mina são produzidos em média cem mil toneladas de minério de ferro por dia. Considerando o preço da tonelada de minério de ferro a cento e trinta e cinco dólares (dados de dezembro de 2013), a parada de um CLP importante

poderia resultar em um prejuízo em torno de nove mil e quinhentos dólares por minuto que a falha persistir. A ferramenta desenvolvida neste trabalho visa monitorar o funcionamento destes controladores de forma a evitar muitas das paradas provenientes deles e quando não for possível evitar, ela irá indicar onde está o foco do problema para que este tempo de parada seja o menor possível.

Outra função muito importante da nossa aplicação é a capacidade de reduzir o contato físico da equipe de manutenção com os equipamentos monitorados. Antes da implementação da ferramenta quando uma falha ocorria, ou mesmo quando a equipe precisava fazer vistorias nos CLPs, era necessário o deslocamento de membros fisicamente para o local onde o dispositivo se encontrava.

Esse procedimento desperdiçava muito tempo e ao mesmo tempo causava uma maior exposição a falha, pois o simples fato de colocar um homem dentro de um data center já coloca todos os dispositivos ali presentes em risco. Com a nossa aplicação é possível fazer o monitoramento remotamente e em tempo real, reduzindo consideravelmente o tempo de diagnóstico e a exposição a falha.

1.3 Organização do Trabalho

O restante do trabalho é organizado da seguinte maneira: o Capítulo 2 é composto pela Revisão da Literatura. No Capítulo 3 será descrita a arquitetura do nosso ponto de atuação, dentro do contexto da mina de Brucutu. No Capítulo 4 será apresentado o Software de Diagnóstico, explicando como ele foi desenvolvido e qual a sua importância. Já o Capítulo 5 expõe as considerações finais.

2 Revisão da Literatura

2.1 Controladores Lógicos Programáveis (CLP)

Um Controlador Lógico Programável ou Controlador Programável, conhecido também pela sigla CLP ou pela sigla de expressão inglesa PLC (Programmable logic controller), é um computador especializado, baseado em um microprocessador que desempenha funções de controle através de lógicas específicas desenvolvidas pelos usuários.

O CLP é um dispositivo de automação industrial que controla máquinas e processos através de lógica digital programada. Desse modo, sinais de entrada proveniente de sensores são logicamente combinados gerando sinais de saída para os atuadores, segundo Pupo (2002). Este componente está muito presente nos sistemas de automação como elemento de controle, segundo Kohler et al.(2004). Isso ocorre devido a flexibilidade presentes nestes dispositivos e descrita por Borges (1999).

Segundo a National Electrical Manufacturers Association (2005), o controlador lógico programável é um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para implementar funções específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos. Segundo Moraes e Castrucci (2001), é responsável pela execução do programa do usuário, atualização da memória de dados e memória de imagem.

2.2 Sistemas PIMS

O conceito de PIMS (*Plant Information Management Systems*) nasceu na indústria de processos contínuos, mais propriamente na indústria química e petroquímica para resolver o problema da fragmentação de dados e proporcionar uma visão unificada do processo.

Segundo Carvalho *et al.* (2005), PIMS são sistemas de aquisição de dados que, basicamente, recuperam os dados do processo residentes em fontes distintas, os armazenam num Banco de Dados único e os disponibilizam através de diversas ferramentas. A partir de uma estação de trabalho, pode-se visualizar tanto os dados de tempo real como históricos da planta. Pode-se montar tabelas, gráficos de tendência, telas sinópticas e relatórios dinâmicos, concentrando a informação e possibilitando uma visão unificada de todo o processo produtivo.

2.3 Manutenção Industrial

Segundo dados levantados pela Associação Brasileira de Manutenção (ABRAMAN, 2011), o custo da manutenção é estimado em torno de 4% do faturamento bruto das empresas, conforme descrito na Tabela 2.1.

Ano	Custo Total da Manutenção/ Faturamento Bruto
2011	3,95%
2009	4,14%
2007	3,89%
2005	4,10%
2003	4,27%
2001	4,47%
1999	3,56%
1997	4,39%
1995	4,26%

Tabela 2.1 – Custo Total da Manutenção/Faturamento Bruto

A disponibilidade operacional ou disponibilidade física (DF), efetiva de uma empresa ficou, no ano de 2011, em média, em 91,30%, e somente a manutenção contribuiu com 5,44% do total do tempo indisponível, conforme descrito na Tabela 2.2 (ABRAMAN, 2011).

Indicadores de Disponibilidade (%)								
Tipo	1997	1999	2001	2003	2005	2007	2009	2011
Disponibilidade física	85,82	89,30	91,36	89,48	88,20	90,82	90,27	91,30
Indisponibilidade devido a manutenção	4,74	5,63	5,15	5,82	5,80	5,30	5,43	5,44

Tabela 2.2 – Indicadores de Disponibilidade

Entendemos então que, sem dúvidas, a redução dessas paradas para manutenção é um enorme potencial de ganho, pois o impacto seria uma redução considerável no custo de produção das organizações. Por este motivo, atualmente várias organizações correm atrás deste objetivo e passam por um processo de modernização e aperfeiçoamento dos métodos utilizados para obtenção do controle do tempo de parada de produção e, naturalmente, das perdas de geração de recursos que isto implica.

Segundo Chernozhukov e Hansen (2006), o custo de uma estratégia de manutenção corretiva tem em média um custo cerca de 3 a 5 vezes maior do que quando se adota um modo programado ou preventivo. Conforme levantado por Cavalcante e Almeida (2007), a manutenção corretiva é a que apresenta maior custo operacional devido à sua total impossibilidade de planejamento e ao seu aspecto de imprevisibilidade, acarretando maior tempo de parada de produção, altos custos de estoques de peças sobressalentes, maior tempo gasto para reparo do equipamento, altos custos de trabalho extra e baixa disponibilidade de produção.

Segundo Grosman (2008), para reduzir a perda de produção e o tempo de parada imprevista das máquinas ocasionados por falhas inesperadas de equipamentos, é necessário que o pessoal da manutenção esteja apto para reagir imediatamente a todas as falhas das máquinas. O primeiro passo para tratar uma falha é descobrir o que aconteceu e qual a sua causa. Para este fim, utilizam-se alguns mecanismos como efetuar verificações no processo, entrevistar o operador sobre o ocorrido e verificar o autodiagnóstico dos equipamentos, se houver.

Analisando este cenário atual, decidimos que nossa aplicação terá o objetivo inovador de reduzir ao máximo as paradas para manutenção corretiva, pois como dito por Cavalcante e Almeida (2007), são elas que apresentam o maior custo de execução. O sistema irá prever as falhas antes mesmo que elas ocorram e quando não for possível, nossa aplicação irá direcionar a equipe de manutenção para o ponto exato onde deverá se concentrar os esforços para resolver o determinado problema.

3 Infraestrutura

3.1 Controladores Lógicos Programáveis

Os Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) são dispositivos computacionais fabricados para operarem geralmente em ambientes industriais, ou seja, em muitos casos sua localização dentro das plantas industriais não serão os melhores possíveis. Por isso devem ser robustos o suficiente para resistir aos ambientes que forem instalados. As aplicações são as mais diversas possíveis, sendo que eles podem ser utilizados para controlar equipamentos a distancia de forma mais segura e eficiente do que a convencional.

Outra aplicação comum dos CLPs é com relação à automatização de processos, visto que esta ação tem como um dos objetivos reduzir a quantidade de trabalhadores na planta e conseqüentemente aumentar a margem de lucro, como exemplifica a Tabela 3.1 que mostra a redução no número de trabalhadores alcançada no setor de operação do Tripper na Vale - Brucutu, antes e depois da automatização.

	Antes da automatização	Depois da automatização
Postos de trabalho por turno	3	1
Postos de trabalho totais	15	5
Redução de postos alcançada	10	

Tabela 3.1 – Redução da demanda de mão de obra no setor de operação do Tripper na Vale - Brucutu

3.1.1 Arquitetura básica do CLP

Os controladores lógicos programáveis são projetados seguindo um padrão de arquitetura, composto basicamente por uma CPU, memória, dispositivos I/O (entrada e saída) e uma IHM (interface homem máquina) como mostra a Figura 3.1.2.

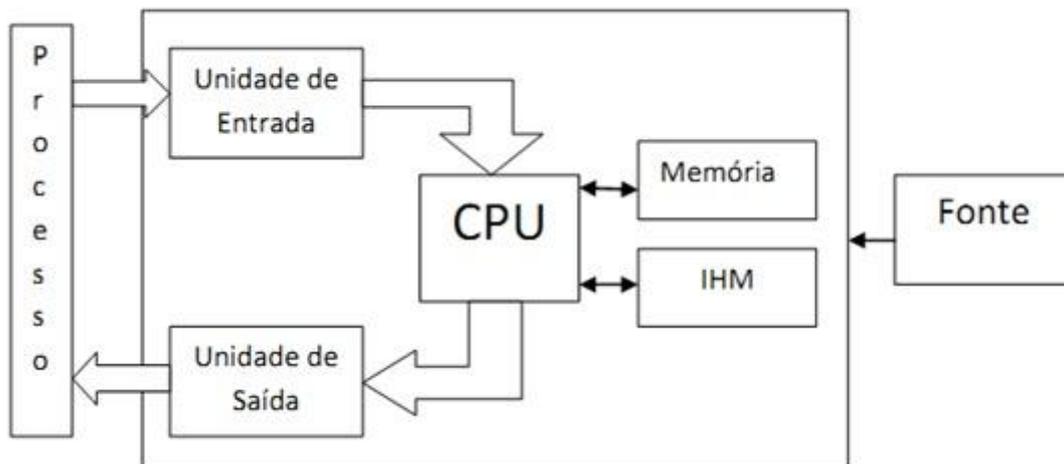


Figura 3.1 – Arquitetura básica do CLP (LEDA, 2014)

Unidade central de processamento (CPU)

Podemos dizer que a CPU é o centro do sistema nervoso do CLP, pois é responsável pelo gerenciamento e processamento dos dados. A CPU é composta de um microprocessador ou microcontrolador. Ela recebe os sinais digitais e analógicos dos sensores do campo transmitidos a partir dos módulos de entrada e pela rede. Em seguida executa as operações lógicas, as operações aritméticas e as operações mais avançadas como as de controle de malha programada na memória do usuário. Após este processamento o resultado é transmitido para os dispositivos no campo através da unidade de saída (LEDA, 2014).

Unidade de entrada

Segundo Leda (2014), esta é a parte responsável por fazer a “interface” entre os dispositivos no campo e a unidade central de processamento (CPU). No CLP podem ter um ou mais canais de aquisição de dados que codifica o sinal analógico ou digital de diversos níveis de tensão, provenientes de botoeiras, chaves, termostatos, sensores, termopares, pressostatos, encoders, tensões, correntes, etc.

Unidade de saída

De forma parecida que a unidade de entrada, a unidade de saída fornece as conexões entre os dispositivos no campo e a CPU. Este módulo tem a responsabilidade de transmitir as tensões de controle fornecidas, necessárias para acionar vários dispositivos, como conectoras, atuadores, solenoides, atuadores dentre vários outros (LEDA, 2014).

Fonte de alimentação

Tem a função de converter a tensão da rede elétrica (110 ou 220 VCA) para a tensão de alimentação dos circuitos eletrônicos, mantém a carga da bateria nos sistemas que utilizam relógio e memória RAM, além de fornecer tensão para alimentação das entradas e saídas (12 ou 24 VCC).

Interface Homem-Máquina (IHM)

Durante o processo produtivo, por diversas vezes se faz necessário que o operador intervenha na sequência de operações da máquina, ou então que o operador simplesmente visualize informações e tome atitudes no processo. Segundo Pupo (2002), a função da IHM é justamente essa, permitir que essa comunicação entre homem e máquina ocorra. No caso da Vale-Brucutu as IHMs são utilizadas no campo, para permitir uma rápida atuação de um operador em um determinado equipamento ou área do processo. Na Figura 3.2 pode ser visualizado um exemplo de IHM utilizado na Vale – Brucutu para controle operacional do sistema de ar condicionado do *Data Center*.



Figura 3.2 – Interface Homem-Máquina (IHM)

Memórias

Memória do programa monitor

O programa monitor é o responsável pelo funcionamento geral do CLP, ou seja, é o responsável pelo gerenciamento de todas as atividades do CLP e não pode ser alterado pelo usuário. O modo de funcionar do programa monitor é muito similar ao sistema operacional dos microcomputadores. É o programa monitor que permite a transferência de programas entre um microcomputador ou terminal de programação e o CLP, além de monitorar informações dos seus componentes e dispositivos opcionais.

Memória do usuário

É onde se armazena o programa da aplicação desenvolvido pelo usuário, logo é permitido que os usuários possam acessar e alterar a esta área de memória, já que uma das grandes vantagens do uso de CLPs é a flexibilidade de programação. Hoje são utilizadas memórias do tipo RAM (cujo programa é mantido pelo uso de baterias), mas também são comuns o uso de cartuchos de memória, que permite a troca do programa através da troca do cartucho.

Memória de dados

Esta é a região de memória destinada a armazenar os dados do programa do usuário, estes dados são valores de temporizadores, valores de contadores, código de erro, senhas de acesso, dentre outros. Normalmente são partes da memória RAM do CLP. Os valores armazenados nessa região de memória que serão consultados ou alterados durante a execução do programa do usuário. Em alguns modelos, como no nosso CLP Siemens S7-400 é utilizado uma bateria para armazenar os valores desta memória no caso de uma falha no fornecimento de energia.

Memória imagem das entradas / saídas

É a região de memória que funciona como uma espécie de “tabela” onde a CPU irá obter informações das entradas ou saídas para tomar as decisões durante o processamento do programa do usuário. Sempre que a CPU executa um ciclo de leitura de entradas ou executa uma modificação nas saídas ela armazena estes valores nesta região de memória.

3.2 Sistema PIMS

Como vimos na Seção 2.2 os sistemas PIMS são responsáveis por armazenar grande número de dados, tratá-los e disponibilizá-los em forma de informação válida para o usuário. Os sistemas PIMS tem a capacidade de gerar essas informações através de cálculos e de armazená-las por um longo período de tempo sem ter que enviá-los para um mainframe e isso constitui um grande ganho para a análise do processo pois não existe mais a preocupação quanto a origem dos dados.

A Figura 3.3 mostra um exemplo de arquitetura para o sistema PIMS, nela podemos perceber que diversas são as fontes de informação que alimentam o banco de dados do Servidor PIMS e também vários são os clientes que acessam este banco de dados para abstrair as informações necessárias.

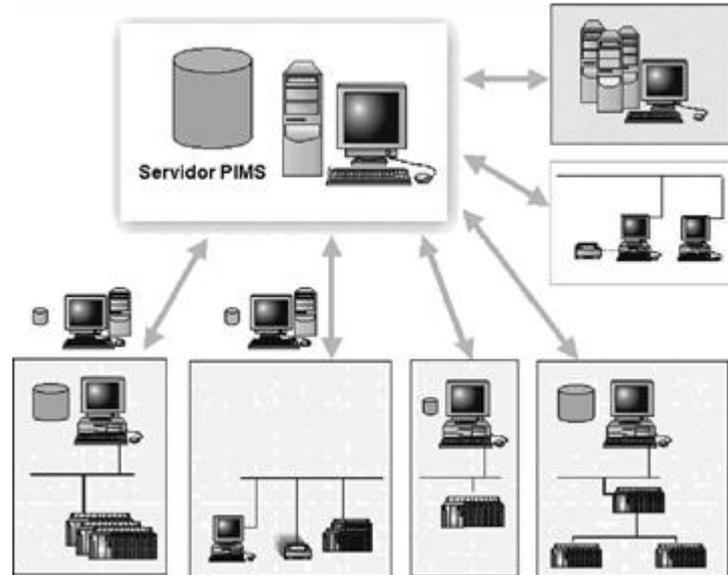


Figura 3.3 – Arquitetura do Sistema PIMS

Segundo Carvalho *et al.* (2005), vários são os benefícios da implantação de um sistema PIMS em uma empresa, destacando-se:

- **Centralização de dados de processo:** Os sistemas PIMS concentram toda informação em uma única base de dados de forma a permitir uma melhor correlação e análise sobre estes dados.
- **Democratização da informação:** O PIMS possibilita que qualquer usuário tenha acesso aos dados da planta instantaneamente.
- **Visualização do processo produtivo em tempo real:** Tal visualização pode ser feita de diversas formas, como: gráficos de tendência, gráficos XY; relatórios dinâmicos, telas sinóticas, aplicações Web e etc.
- **Maior interatividade com os dados do processo:** Ferramentas simples mas poderosas permitem realizar, entre outras funcionalidades, cálculos, estudos estatísticos e lógica de eventos, utilizando os dados do processo.
- **Histórico de dados:** Capaz de armazenar até 15 anos de dados de processo graças a eficiência de seu algoritmo de compressão.
- **Receita de Processo:** Os sistemas PIMS permitem identificar e armazenar os dados correspondentes ao melhor resultado obtido na produção, para que estes sirvam como referência as interações futuras.

Como podemos ver na Figura 3.4, a estrutura de um sistema PIMS é composta basicamente por:

- **Fontes de Informação:** O sistema PIMS pode abstrair informações de diversas fontes, no exemplo mostrado na Figura 3.4 as fontes de dados são os controladores lógicos programáveis e o sistema de supervisão.
- **Servidor de Comunicação:** É necessário “traduzir” os dados coletados pelas diversas fontes, de forma que o sistema PIMS possa interpretar da maneira adequada a função de fazer esta tradução é dos servidores de comunicação.
- **Servidor Principal:** É o elemento responsável pela centralização das informações, onde todos os dados serão armazenados e onde todas as consultas serão realizadas.
- **Rede Corporativa:** É o meio por onde toda a informação presente do servidor principal é escoada, esta rede corporativa que liga as máquinas clientes ao servidor e permite assim que os usuários realizem as consultas necessárias.

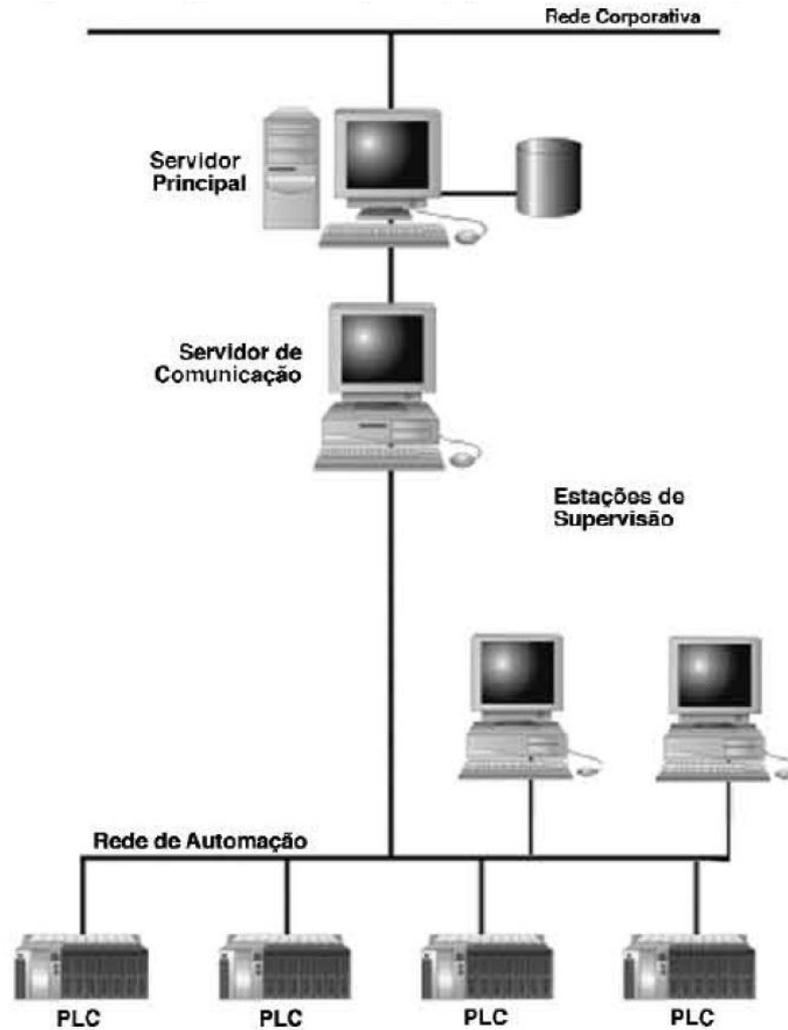


Figura 3.4 – Estrutura do Sistema PIMS

Na diretoria da Vale, onde realizamos nosso trabalho o sistema utilizado é o PI System, que será devidamente descrito na Seção 3.2.1.

PI System

As empresas precisam de uma visão sobre o passado para tomar decisões no presente que irão influenciar o futuro. O PI System, produto da OSIsoft visa auxiliar essas tomadas de decisões disponibilizando dados em tempo real e conectando as pessoas certas as informações corretas no momento adequado, para que elas possam analisar, colaborar e agir.

PI ProcessBook

O PI ProcessBook é um componente do PI System que possibilita ao usuário uma manipulação interessante das informações presentes no banco de dados. Com a ajuda do ProcessBook é possível gerar gráficos de tendência aliados com uma linguagem de programação em alto nível como mostra a Figura 3.5, exemplificar áreas do processo para acompanhamento em tempo real como mostra a Figura 3.6, entre diversas outras funcionalidades.

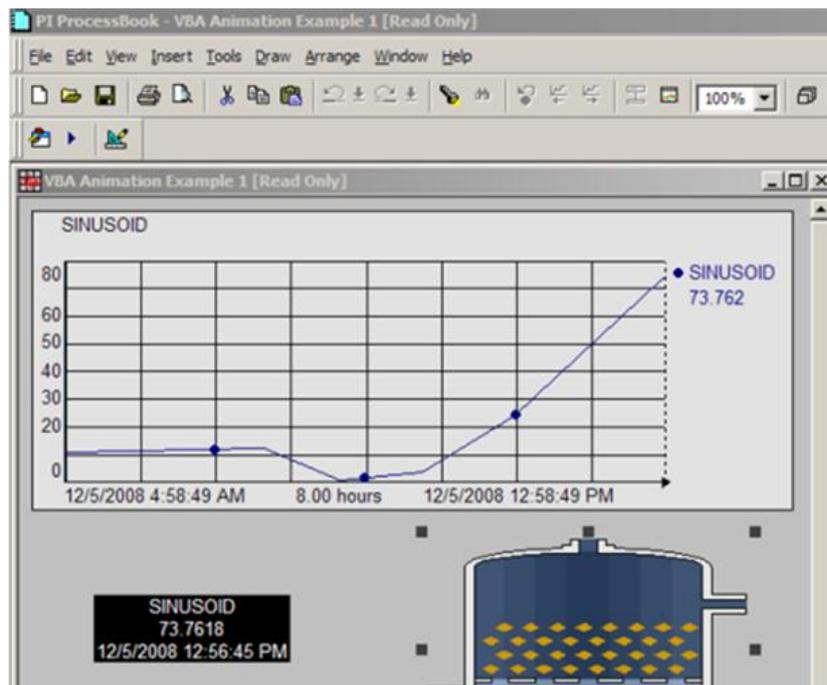


Figura 3.5 – Gráfico de tendência (Fonte: OSIsoft, 2014)

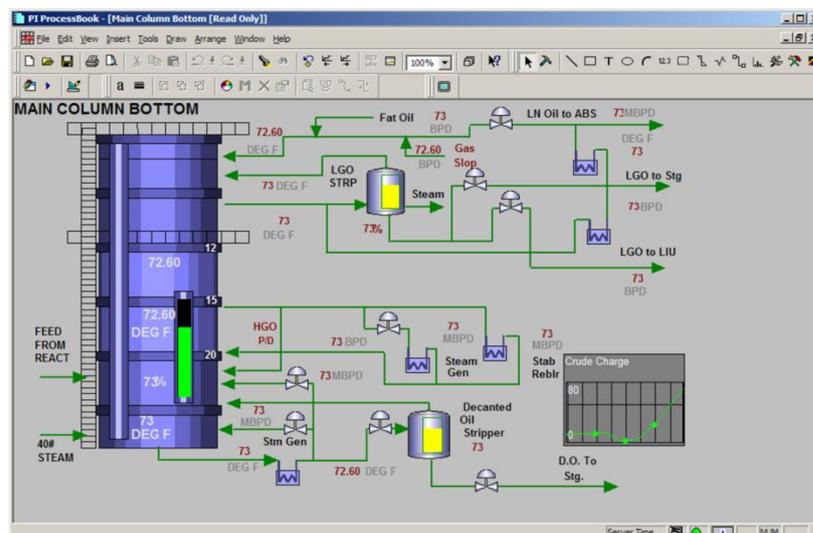


Figura 3.6 – Área do processo produtivo (Fonte: OSIsoft, 2014)

As principais características do PI System são (OSISOFT, 2014):

- Exibição eficiente de dados atuais e históricos que residem no PI System e em outras fontes;
- Facilidade em criar telas gráficas interativas que podem ser salvas e compartilhados com outras pessoas;
- Escrever scripts que automatizam displays e tendências utilizando o Microsoft Visual Basic for Applications, o que é perfeitamente integrado ao PI ProcessBook;

Os principais benefícios previstos pelo uso do PI System são (OSISOFT, 2014):

- Visão imediata. Visualização de processos em tempo real, possibilitando comparação com eventos passados e assim analisar melhor o comportamento do processo, em qualquer computador que tenha o PI System instalado.
- Aumento da capacidade de gerenciamento do processo. Monitorando os processos em tempo real permite identificar rapidamente a fonte de problemas e responder da melhor forma possível.
- As ferramentas presentes no PI ProcessBook permitem a fácil geração de gráficos de alta qualidade, possibilitando aos profissionais do processo uma melhor análise e conseqüentemente melhores tomadas de decisões.

PI System Explorer

O PI System Explorer conhecido pelos usuários como PI AF é um componente muito útil dentro do pacote PI System. A principal vantagem do PI AF é a estruturação dos equipamentos organizacionais em forma de árvore, o que possibilita uma otimização no desenvolvimento de telas do ProcessBook. Com isso é possível relacionar uma única tela a diversos níveis dentro da árvore, além de criar indicadores de eficiência e diversas outras funcionalidades.

As principais características do PI System Explorer são (OSISOFT, 2014):

- Permite identificar e personalizar os componentes ou elementos que compõem um processo;
- Possibilita especificar estrutura organizacional via hierarquias ou relações de conectividade, definindo assim sua árvore;
- Permite aplicar cálculos ou regras contra esses ativos e determinar como os resultados devem ser exibidos.

Os principais benefícios do PI System Explorer são (OSISOFT, 2014):

- Melhora a compreensão dos dados, atribuindo contexto aos dados, tornando os dados mais centralizados, significativos e relevantes para os usuários da aplicação.
- Melhora o gerenciamento de dados, utilizando uma infra-estrutura de fácil navegação para acessar dados, além de permitir uma definição de processos que se aplicam em toda a sua operação;
- Implementa os padrões em toda a sua organização, usando modelos para definir ativos, processos, cálculos, e muito mais.
- Pesquisas de dados intuitiva para encontrar e filtrar ativos por meio de modelos, hierarquias e versões.

3.3 Data Center

O Data Center é um ambiente projetado para abrigar servidores e outros componentes como sistemas de armazenamento de dados e ativos de rede. O objetivo principal de um Data Center é garantir a disponibilidade de equipamentos que rodam sistemas cruciais para o negócio de uma organização, como no nosso caso os CLPs, Sistema Supervisório, Sistema PIMS e toda os ativos da rede, permitindo assim atingir o nível de confiabilidade desejado para a continuidade do negócio.

3.3.1 Infraestrutura de Rede

Os ativos de rede devem ficar localizados dentro do Data Center para garantir que eles estão trabalhando em um local com todas as condições necessárias e evitar assim possíveis danos que possam de alguma forma afetar diretamente o negócio da empresa. Na mina de Brucutu todos os switches e roteadores são mantidos em um rack exclusivo para esta funcionalidade, como mostra a Figura 3.7.

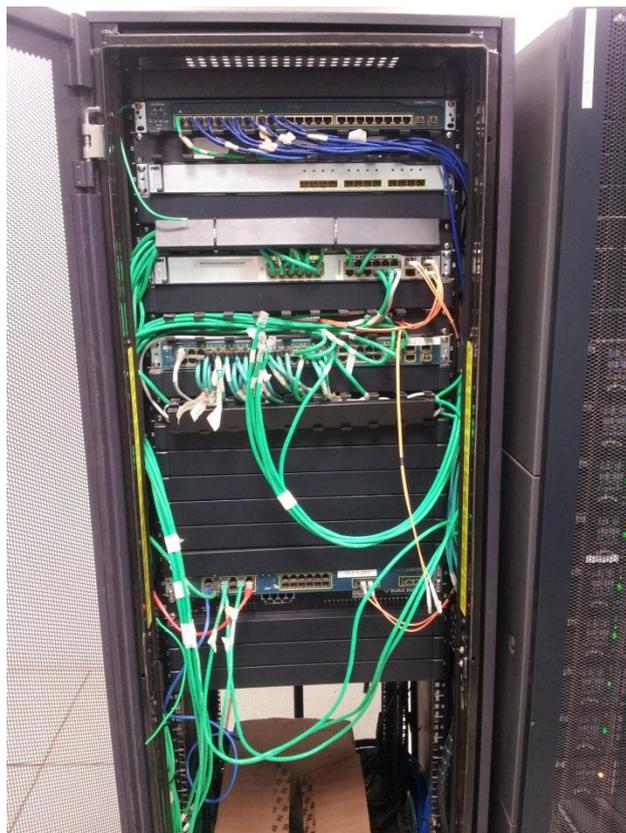


Figura 3.7 – Rack que abriga componentes de rede

3.3.2 Segurança Física

Um Data Center deve fornecer mecanismos de segurança para restringir o acesso a somente pessoas autorizadas. No caso da Vale-Brucutu é utilizado um controle automatizado de acesso através de crachás identificadores que utilizam tecnologia RFID, o acesso só é liberado para pessoas que realmente necessitem entrar naquele ambiente, como apresenta a Figura 3.8.



Figura 3.8 – Controle de acesso

Outro meio utilizado para controlar o Data Center é através de câmera de vigilância. No caso da mina de Brucutu existe apenas uma câmera de monitoramento colocada em local estratégico com visão para todo o ambiente como mostra a Figura 3.9.



Figura 3.9 – Câmera de segurança

3.3.3 Combate e Prevenção de incêndios

O Data Center deve conter um sistema que evite e previna que os equipamentos sejam danificados por incêndios. O sistema de combate e prevenção contra incêndios pode ser composto de sistema de detecção de fumaça, extintores, gases inibidores e procedimentos de brigadas de incêndio. No Data Center de Brucutu há um sistema de controle a incêndio completo como mostra a Figura 3.10 a seguir.



Figura 3.10 – Sistema de controle de Incêndio

3.3.4 Refrigeração

Um dos objetivos do Data Center é garantir que a temperatura do ambiente esteja em níveis aceitáveis para a operação dos sistemas e principalmente que não haja oscilações de temperatura que são extremamente prejudiciais ao funcionamento de qualquer equipamento. O ideal é que haja redundância no equipamento de refrigeração para que garantir a confiabilidade. No Data Center de Brucutu há um sistema de refrigeração redundante e com controle de temperatura digital como visto na Figura 3.11.



Figura 3.11 – Sistema de refrigeração

3.3.5 Energia

O Data Center deve garantir que não haja falta de energia e tampouco oscilações em seu fornecimento que possam danificar equipamentos. O sistema de fornecimento de energia para o Data Center de Brucutu é composto por dois no-breaks e uma subestação de energia, como podemos visualizar na imagem 3.12.



Figura 3.12 – No-breaks e Subestação de alimentação do Data Center

3.4 Arquitetura Geral - Brucutu

A arquitetura do hardware de automação da Vale-Brucutu é composto basicamente por servidores, switches, CLPs, e Computadores pessoais. A Figura 3.13 retrata a disposição dos componentes e a relação que eles possuem entre si. Nos itens a seguir iremos explicar detalhadamente cada um deles

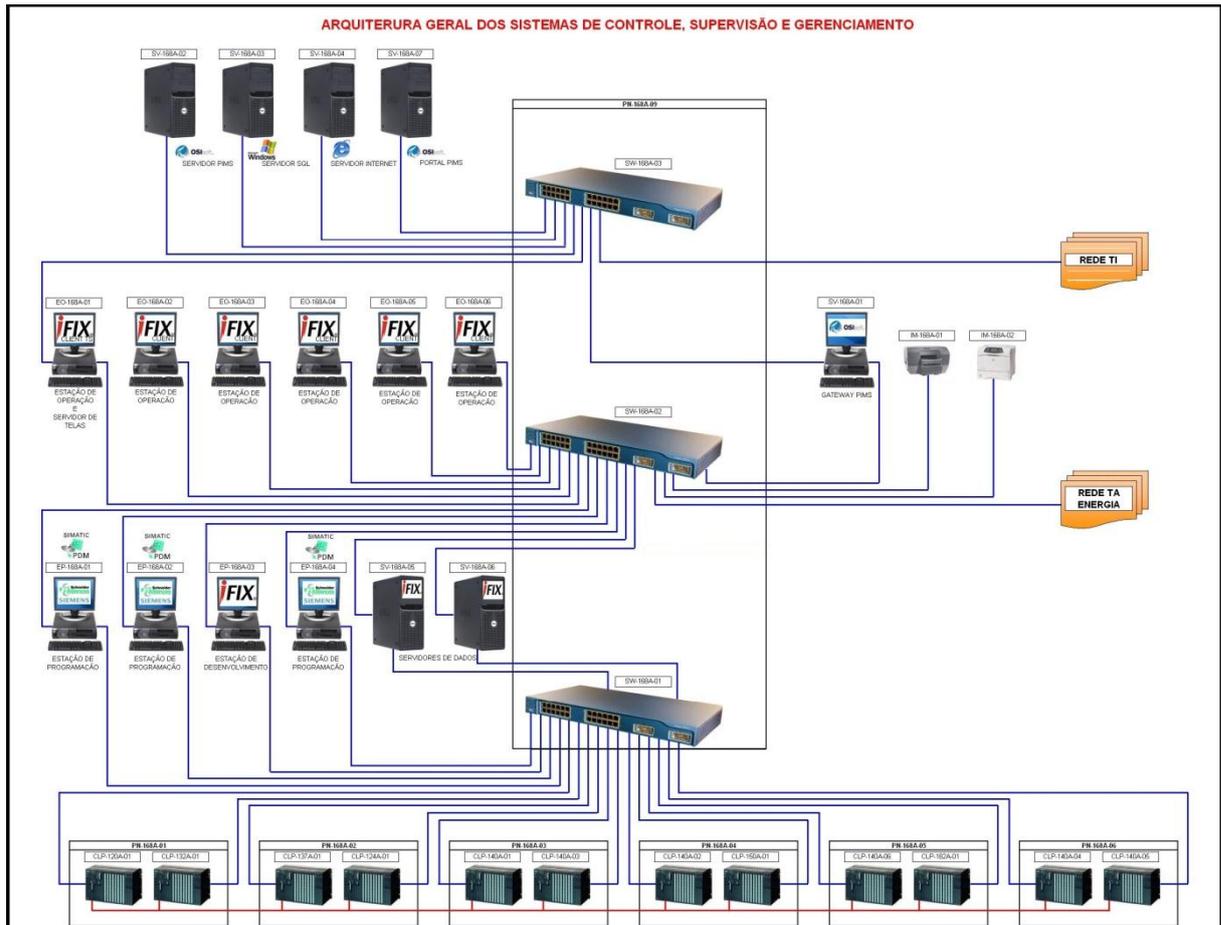


Figura 3.13 – Arquitetura Geral da Automação na mina de Brucutu

3.4.1 Controladores Lógicos Programáveis

Em Brucutu temos doze CLPs, cada um é responsável por controlar e monitorar um setor específico da empresa, na Figura 3.13 os CLPs são os dispositivos localizado na extremidade inferior. Podemos notar que eles estão ligados a um switch, que por sua vez se comunica com os servidores do sistema supervisório e do sistema PIMS.

3.4.2 Sistema Supervisório

O sistema supervisório utilizado em Brucutu é o iFIX, criado pela empresa Aquarius. O iFIX é utilizado para a operação de todo o beneficiamento do minério desde a britagem, onde o minério bruto é moído, passando pelo pátio de homogeneização, em seguida o minério é concentrado na usina de beneficiamento,

estocado em um pátio de produtos e por último é colocado nos vagões dos trens que tem a responsabilidade de escoar a produção.

A Figura 3.14 facilita no entendimento de todo o processo de beneficiamento do minério, onde o sistema iFIX é atuante.



Figura 3.14 – Processo de Beneficiamento de Minério de Ferro no Complexo Brucutu (Vale, 2014)

A responsabilidade do sistema supervisor é grande e para garantir que tudo irá funcionar de maneira adequada e com o menor número de paradas possível, foi necessário criar uma arquitetura robusta o suficiente para manter tudo funcionando. Em Brucutu nós temos dois servidores do iFIX, onde um é a cópia perfeita do outro, o objetivo disto é manter a redundância necessária para caso ocorra uma falha com um deles o outro assume instantaneamente de forma automática.

Além dos dois servidores nos temos cinco clientes de operação, três responsáveis pela operação da usina de concentração e dois responsáveis pela operação da britagem e carregamento. Estes clientes são computadores pessoais que acessam o serviço oferecido pelos dois servidores, como podemos ver na Figura 3.15.

O processo de beneficiamento do minério é muito dinâmico, ou seja, muda com frequência devido a interferência de vários fatores como inserção de um novo

equipamento, uma mudança na maneira de se produzir determinado produto, uma otimização do processo, dentre outros. O sistema supervisorio tem que ficar sempre o mais atualizado possível, para que os operadores consigam enxergar no sistema o que esta realmente acontecendo no campo. Por isso além das cinco estações de operação nós temos uma estação de engenharia, ou estação de desenvolvimento que é um computador pessoal responsável por implementar essas atualizações no sistema, essas alterações são realizadas na estação de desenvolvimento e replicadas para os dois servidores e os cinco clientes.

Como vimos anteriormente todas estas estações e servidores precisam a todo tempo comunicarem entre si, para permitir que isso aconteça temos um switch responsável por manter essa comunicação sempre ativa.

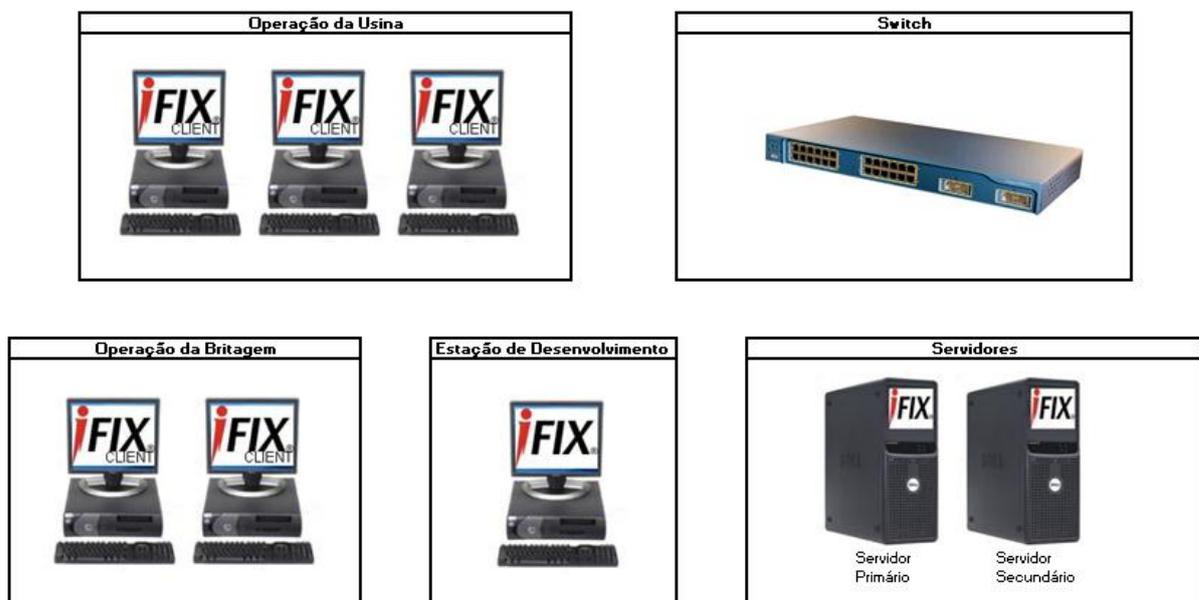


Figura 3.15 – Arquitetura do Supervisorio

3.4.3 Sistema PIMS

O sistema PIMS utilizado em Brucutu é PI, este sistema tem um papel muito importante na parte estratégica da Vale, pois é no banco de dados dele que ficam armazenadas todas as informações de processo dos últimos anos. Fornecendo então uma quantidade exorbitante de informações para que os engenheiros de processo, engenheiros de manutenção e diversos outros profissionais consigam

tomar a melhor decisão possível através análise de todos esses dados. O foco do nosso trabalho será neste sistema, gerando informações úteis para facilitar no diagnóstico de falha dos CLPs.

4 Software de diagnóstico

A Vale já tem um esquema de diagnósticos dos seus equipamentos muito bem definido. Todo dispositivo, automatizado ou não, já se encontra mapeado em uma rede e em constante comunicação com os CLPs e servidores que os monitoram. Portanto se houver alguma falha em qualquer um destes dispositivos, em tempo real a equipe de manutenção é informada através de sistemas supervisórios, sistemas de monitoramentos (PIMS) ou até mesmo através de mensagens de texto no celular do responsável por aquele setor onde a falha ocorreu. Isso possibilita um diagnóstico preciso, uma rápida atuação e tempos mínimos de parada, o que é muito bom para o negócio da empresa, pois o impacto financeiro fica bem menor devido a esse diagnóstico automatizado.

Esses diagnósticos automatizados dependem de uma série de equipamentos que tem essa árdua função de monitorar todos os outros dispositivos 24 horas por dia, e além de monitorar, alguns destes equipamentos são responsáveis diretos pelo correto funcionamento e pela comunicação deles com todos os outros da rede. Então o que acontece se algum destes equipamentos falhar? Se um CLP, por exemplo, parar de funcionar um setor inteiro que ele controla vai parar de funcionar instantaneamente, causando assim grandes prejuízos para a empresa. O presente software irá atuar justamente neste ponto, irá monitorar quem monitora e mantém funcionando todos os outros dispositivos da planta, ou seja os CLPs. Utilizamos o software PI AF para desenvolver nossa aplicação de diagnóstico, todas as etapas do desenvolvimento estão descritas a seguir.

4.1 Introdução ao PI AF

O PI AF permite definir representações de dispositivos ou equipamentos e utiliza essas representações para análise ou monitoramento de forma simples e ágil. Com as formas de representações do PI AF é possível utilizar uma mesma aplicação para monitorar vários dispositivos que possuem a mesma característica, otimizando assim o tempo de desenvolvimento e trazendo ótima relação custo/benefício à aplicação.

O primeiro passo para se desenvolver uma aplicação no PI AF é criar a árvore do nosso software, esta é uma etapa crítica do desenvolvimento e deve ser muito bem pensada para se conseguir utilizar os benefícios do PI AF. Na implementação desta etapa é importante que todos os elementos do mesmo nível da árvore (os irmãos), sejam do mesmo tipo. Outro fator relevante é que a árvore utiliza a teoria de herança, ou seja, os filhos sempre herdam as características dos seus pais, avós, etc.

Após definir e criar a árvore o próximo passo é definir quais serão as características dos elementos de cada nível dela, estas características são definidas dentro dos templates, que são os modelos de representação dos nós da árvore. Cada nó da árvore deve estar relacionado a um template, que por sua vez terá todas as características necessárias para representar aquele nó específico.

A última etapa do desenvolvimento é a aplicação final, onde implementamos a interface e a relacionamos com os atributos da árvore, permitindo assim uma melhor usabilidade.

4.2 Árvore de dispositivos

A primeira etapa do desenvolvimento foi fazer um estudo de todo o hardware da nossa planta foco, no caso a planta de Brucutu. Inicialmente o objetivo do trabalho era mapear e diagnosticar todos os ativos da automação que ainda não eram monitorados. Mapeamos então todos os dispositivos presentes, suas respectivas relações com os demais dispositivos e criamos uma árvore dentro do PI System Explorer, respeitando essa hierarquia como mostra o exemplo da Figura 4.1.

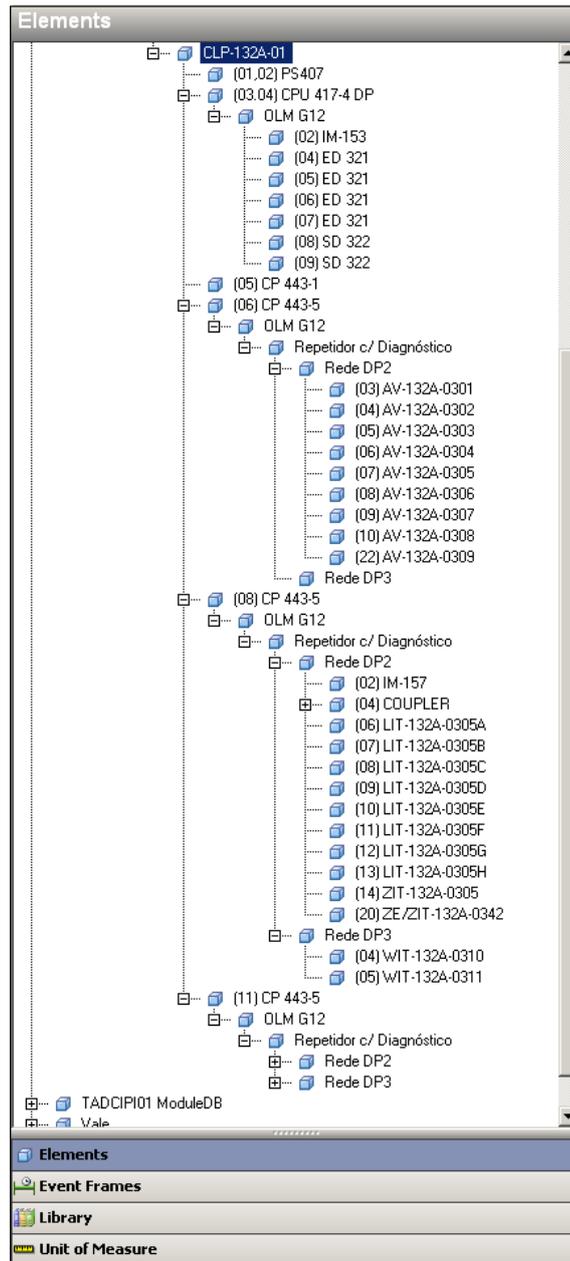


Figura 4.1 – Dispositivos Monitorados pelo CLP 132A-01

Ao iniciar os trabalhos de pesquisa percebemos que o número de dispositivos era muito grande e cada um possuía características próprias, necessitando assim um minucioso estudo das características de todos eles. Percebemos então que este trabalho levaria muito mais tempo do que nós tínhamos, logo decidimos focar em um dispositivo para monitorar. Escolhemos os CLPs devido a sua relevância quando comparado aos outros dispositivos.

Nossa árvore então ficou restrita a todos os CLPs presentes na planta, como pode ser observado na Figura 4.2.

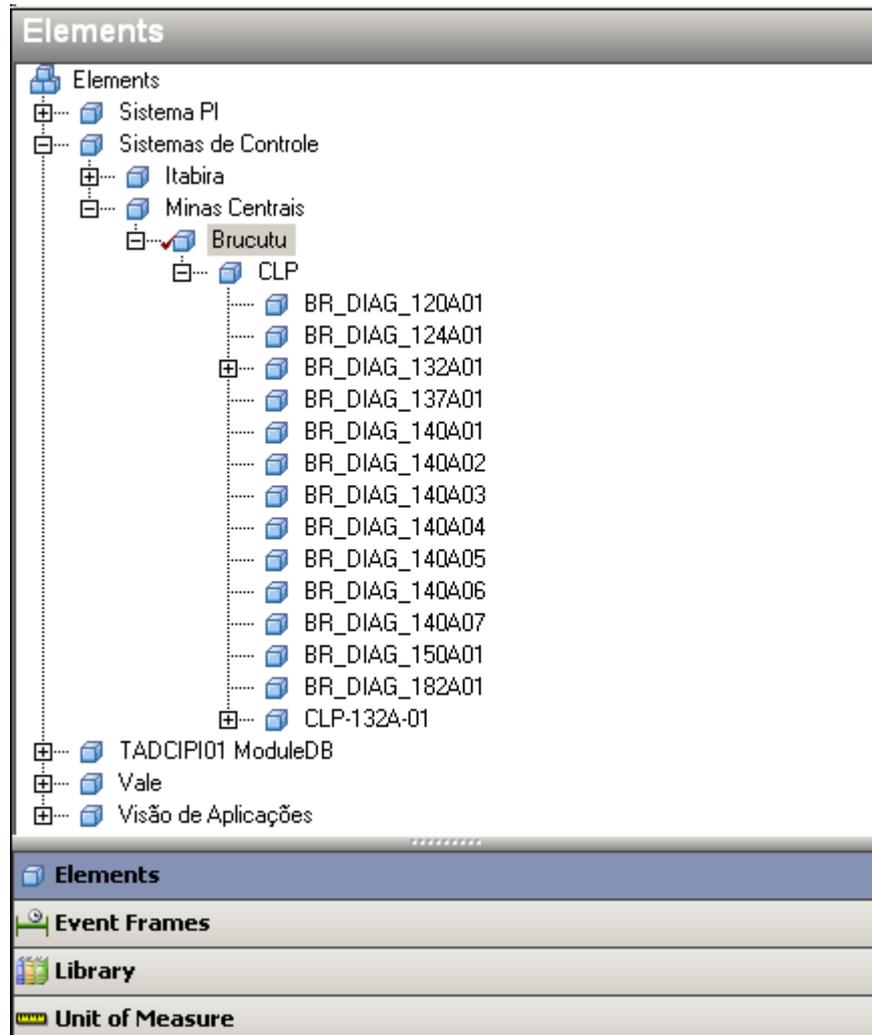


Figura 4.2 – Árvore de CLPs

4.3 Templates

Depois que concluímos o desenvolvimento da estrutura da nossa árvore era necessário definir quais atributos iríamos monitorar de cada CLP. Esta etapa do trabalho foi bastante trabalhosa, exigiu um minucioso estudo do modelo do CLP estudado, no caso um Siemens S7 – 400.

O primeiro passo dessa fase foi descobrir quais informações era possível coletar deste equipamento para em seguida fazer um estudo de relevância de informação, definindo dentro deste escopo quais seriam as informações úteis que poderíamos utilizar para monitorar de forma eficiente este CLP.

4.3.1 Organization Blocks

Segundo (SIEMENS, 2006), os CLPs desta família já possuem uma estrutura de auto-diagnóstico. Dentro desta estrutura já existem blocos de programação pré-configurados, chamados Blocos de Organização ou OB's do inglês *Organization Blocks*. São destes blocos que iremos retirar grande parte da informação necessária para desenvolver a nossa aplicação e detalharemos cada um nos itens abaixo.

- **Timer Error:** É o bloco responsável por monitorar as informações relacionadas ao tempo. Como os CLPs funcionam em tempo real é de fundamental importância que eles estejam sincronizados para evitar possíveis atrasos nos comandos ou até mesmo falhas mais graves como falha de comunicação, por exemplo.
- **Power Supply Error:** É responsável pelo monitoramento das baterias reservas. Estas baterias tem um papel importantíssimo para os CLPs, pois são elas que garantem o fornecimento de energia em caso de falha na rede elétrica para manter as configurações do equipamento intactas.
- **Diagnostics Interrupt:** É responsável por diagnosticar qual foi a falha que resultou na interrupção da execução de um CLP. A maior utilidade deste bloco é garantir diagnósticos rápidos e eficientes para que a falha seja resolvida no menor tempo possível e assim reduzir os prejuízos causados.
- **Insert /Remove Module Interrupt:** Caso algum módulo do CLP seja removido ou simplesmente perca comunicação com a CPU, imediatamente este bloco acusa a falha. Se algum novo módulo for inserido o bloco também consegue identificar.
- **Processing Interrupt:** Avisa quando a execução de um bloco de programa foi cancelado e informa a causa, É importante para que o programador possa identificar a falha lógica e resolvê-la com precisão.

4.3.2 Scan

Um sistema é considerado automatizado quanto é constituído por dois grupos: a parte operativa e a parte de comando. A parte de comando é alimentada por

instruções passadas por operadores e as transmite através de atuadores para os ativos presentes na parte operativa, que por sua vez dá um retorno através de dispositivos como sensores para a parte de comando que tem a função de sinalizar para os operadores como está o cenário atual. Podemos entender melhor este contexto analisando a Figura 4.3.1.

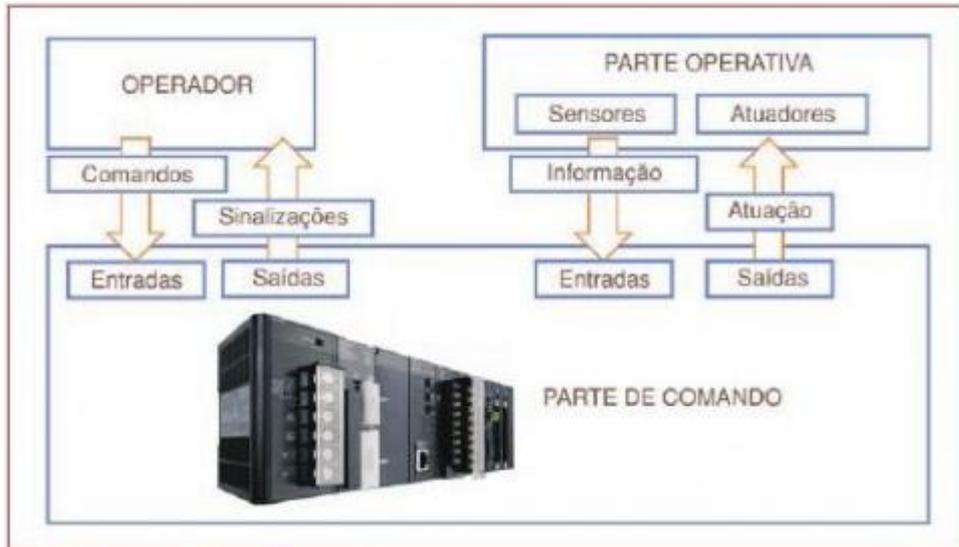


Figura 4.3 – Sistema automatizado (Fonte: Mecatrônica Atual, 2014)

O tempo que um CLP leva para ler essas entradas, executar o programa e atualizar a saída para o usuário é chamado de Scan, como é apresentado na Figura 4.3.2 a seguir.



Figura 4.4 – Ciclo de Scan (Fonte: Mecatrônica Atual, 2014)

O tempo gasto no ciclo de Scan depende de muitos fatores, entre eles podemos destacar:

- Velocidade de trabalho do (s) microprocessador (es);
- Número de instruções do programa;
- Quantidade de memória utilizada na programação;
- Tipo de instruções usadas no programa;
- Número de periféricos.

É esperado que este tempo de Scan não varie tanto em situações normais. Caso haja alguma variação é necessário disparar uma mensagem de alerta e procurar as possíveis causas. Quanto menor o tempo de Scan é melhor, caso ele suba muito pode resultar em falhas graves no CLP. Por este motivo o Scan se tornou uma das nossas variáveis de monitoramento. A Figura 4.3.3 exemplifica algumas variáveis que iremos monitorar no nossa aplicação, em destaque a categoria Scan e a categoria OB83 - Insert /Remove Module Interrupt.

Name	Description
Category: OB122 - I/O Access Error	
Category: OB80 - Timer Error	
Category: OB81 - Power Supply Error	
Category: OB82 - Diagnostics Interrupt	
Category: OB83 - Insert/ Remove Module Interrupt	
OB83_ERROR	Falha
OB83_EV_CLASS	Module inserted B#16#38 /removed B#16#39
OB83_FLT_ID	Fault identification code
OB83_MDL_ADDR	Base address of module with point fault
OB83_MDL_ID	Input module (01010100), Output module (01010101)
OB83_MDL_TYPE	Module type
OB83_OB_NUMBR	83 (Organization block 83, OB83)
OB83_PRIORITY	Priority of OB Execution
OB83_RACK_NUM	Number of rack that has module with point fault
Category: OB85 - Program Cycle Error	
Category: OB86 - Rack Failure	
Category: OB88 - Processing Interrupt	
Category: Painel Frontal	
Category: SCAN	
CURRENT_SCAN	Current scan of the PLC
MAX_SCAN	Scan maximo
MIN_SCAN	Scan minimo

Figura 4.5 – Variáveis de Monitoramento

4.4 Aplicação de diagnóstico - ProcessBook

A etapa final de desenvolvimento da nossa aplicação é a interface gráfica, que tem como objetivo mostrar todas as informações em tempo real de forma clara e objetiva para que o usuário não tenha dificuldades em interpretar os diagnósticos. Outro fator que facilita o trabalho do usuário é a forma de “navegar” na aplicação. O usuário pode selecionar qual o CLP ele quer recuperar informações na lista presente na parte esquerda da tela e todos os dados da tela principal serão atualizados com informações daquele CLP. Como podemos ver na Figura 4.6 a tela principal da aplicação é dividida em diversos grupos e cada um tem a finalidade de representar algo diferente, cada um destes grupos serão detalhados nas sessões a seguir.

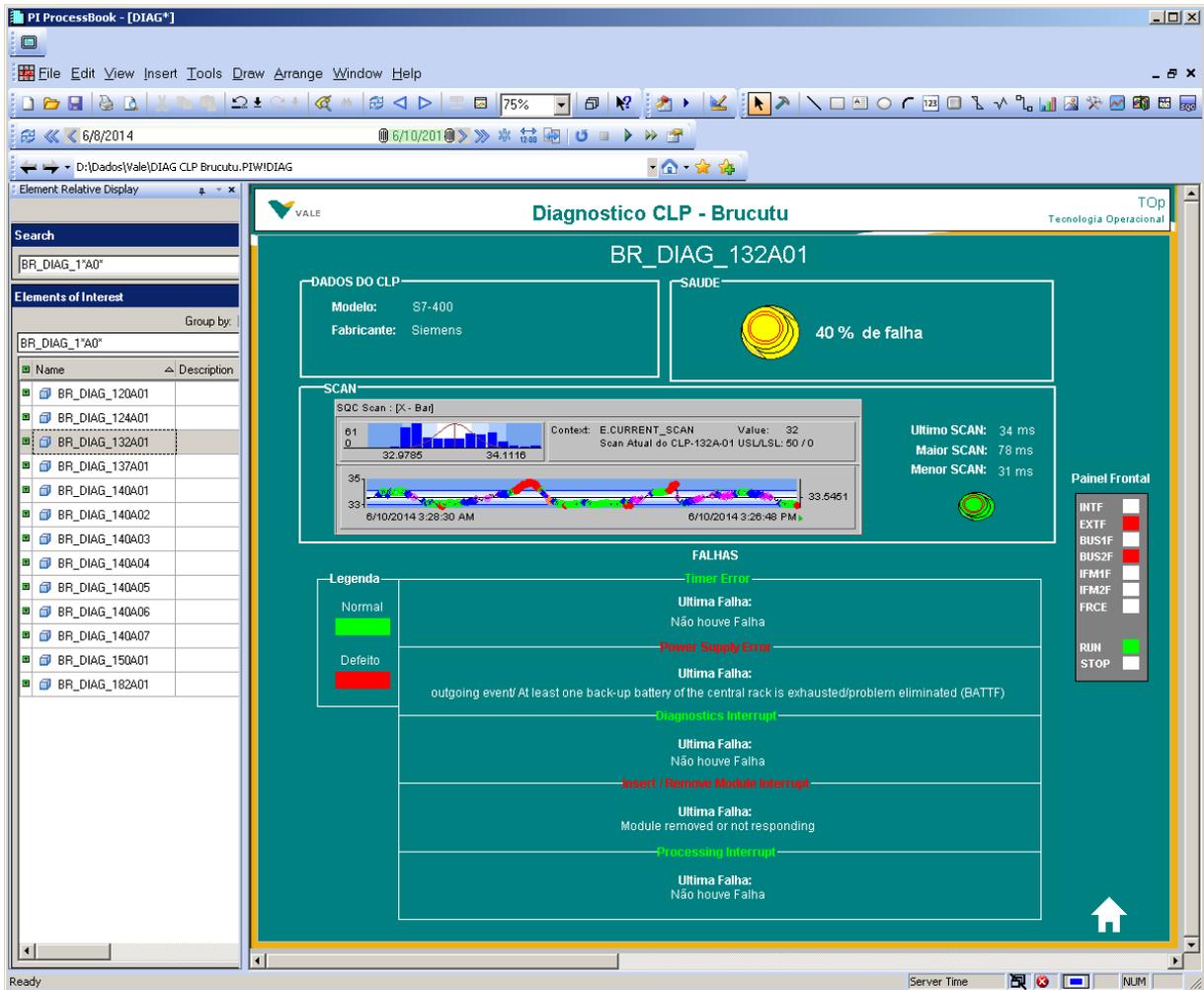


Figura 4.6 – Aplicação de Diagnósticos dos CLPs de Brucutu

4.4.1 Dados do CLP

Nesta região do software são apresentadas características que podem identificar qual o tipo de equipamento está sendo monitorado, como mostra a Figura 4.7 são exibidas informações do modelo e fabricante. Para a equipe de manutenção essas informações são essenciais, pois em diversas vezes é preciso recorrer ao manual do dispositivo para conseguir determinada informação.



Figura 4.7 – Dados do Controlador Lógico Programável

4.4.2 Painel Frontal

Os CLPs Siemens S7-400, presentes na mina de Brucutu possuem uma série de luzes que indicam falhas. Antes da implementação do sistema de diagnóstico o engenheiro de automação precisava se deslocar do seu posto de trabalho e ir até o data center para conseguir visualizar a situação de cada CLP. Após a implantação do sistema, ele consegue fazer essa verificação remotamente do seu computador pessoal, poupando tempo e esforço, além de proporcionar uma maior produtividade e reduzir a exposição a falha, visto que é retirado o homem do ambiente restrito do Data Center. A Figura 4.8 mostra como essa informação é exibida a equipe de manutenção.

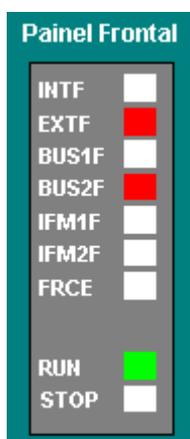


Figura 4.8 – Painel Frontal

4.4.3 Saúde

É a parte da aplicação responsável por exibir um farol que retrata a situação atual do CLP selecionado. Este farol pode assumir três cores:

- **Verde** se a situação estiver normal e o CLP não correr nenhum risco;
- **Amarelo** caso a situação seja preocupante e houver algum risco de falha grave;
- **Vermelho** se a situação for preocupante e o risco de falha grave for eminente.

Para o desenvolvimento do presente trabalho, o cálculo utilizado para definir as cores do farol foi uma média aritmética simples da quantidade de falhas presentes no dispositivo. É sugerido para futuros trabalhos que se faça um estudo específico do peso de cada uma destas falhas, para que se possa criar indicadores mais

eficientes. A Figura 4.9 exibe o exemplo do farol, que neste caso retrata uma situação de alerta de um determinado CLP.



Figura 4.9 – Saúde do Controlador Lógico Programável

4.4.4 Scan

Neste setor trazemos informações relacionadas ao tempo de ciclo de cada CLP, o chamado scan. A aplicação retrata a informação do último scan que representa o valor atual, o maior e o menor valor de scan já registrados para o CLP em questão, além de um farol que representa a criticidade do valor atual do Scan.

O farol tem o intuito de chamar a atenção de quem estiver monitorando os dispositivos, ele pode assumir a cor **verde** se o tempo de scan for menor que 50 ms, **amarela** se o tempo de scan estiver entre 50 e 80 ms e **vermelha** se o tempo de scan for maior que 80 ms. A figura 4.10 mostra como essas informações são exibidas.

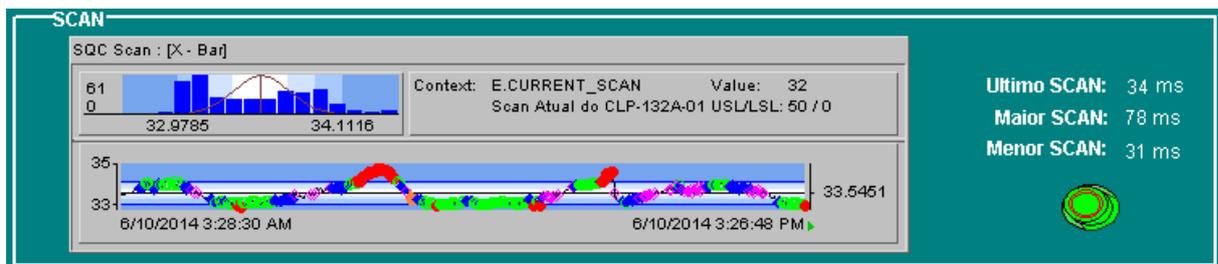


Figura 4.10 – Scan

Como podemos ver na Figura 4.10 temos outra informação nesta parte da aplicação, o gráfico. Este gráfico permite que o usuário visualize a variação histórica do scan, isso possibilita à equipe realização de diagnósticos mais precisos. Se o usuário der um duplo-clique no gráfico ele irá preencher toda a tela como mostrado na Figura 4.11, essa função permite uma melhor visualização e agrega grande vantagem.

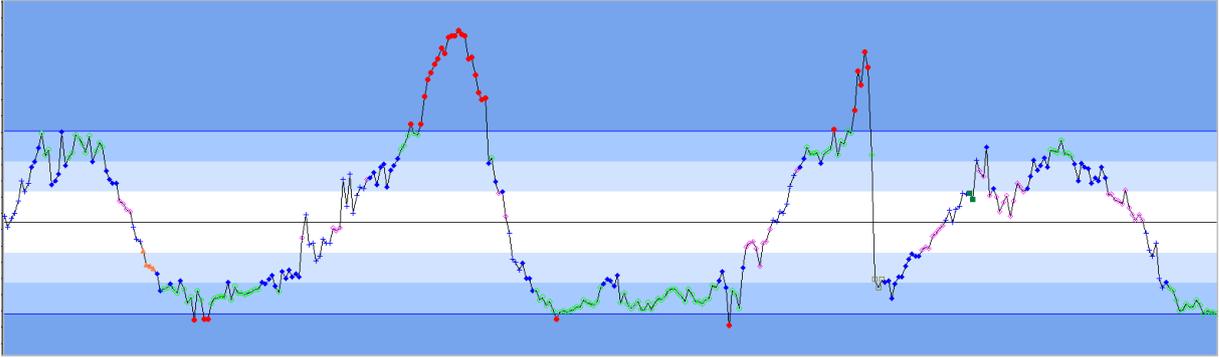


Figura 4.11 – Gráfico de Scan

4.4.5 Falhas

Esta parte do sistema é a que tem a maior relevância. Aqui serão identificadas e detalhadas todas as falhas em tempo real, permitindo uma atuação mais rápida e precisa pela equipe de manutenção. Os diagnósticos destas falhas são feitos pelos internamente nos OBs (Organization Blocks), já explicados na sessão 4.3.1 e exibidos na tela de diagnóstico como representa a Figura 4.12.

Quando um OB detecta falha, a cor do seu texto passa de verde para vermelho e o campo “Ultima Falha” retrata em tempo real para o usuário qual foi a falha identificada.

FALHAS	
Legenda Normal  Defeito 	Timer Error Ultima Falha: Não houve Falha
	Power Supply Error Ultima Falha: outgoing event/ At least one back-up battery of the central rack is exhausted/problem eliminated (BATTF)
	Diagnostics Interrupt Ultima Falha: Não houve Falha
	Insert / Remove Module Interrupt Ultima Falha: Module removed or not responding
	Processing Interrupt Ultima Falha: Não houve Falha

Figura 4.12 – Falhas

5 Considerações Finais

O trabalho realizado teve como produto final uma aplicação de diagnóstico que facilitou muito na identificação de falhas e no auxílio de solução das mesmas. Foi desenvolvido um produto inovador que foi muito bem aceito pela equipe da Vale que já está buscando formas de replicar este trabalho em outras unidades.

O ideal seria fazer uma análise do tempo de paradas dos CLPs antes e depois da implantação do sistema, mas infelizmente por limitações de recurso de tempo não foi possível, visto que para se obter dados necessários para tal comparação levaria pelo menos doze meses. Mas devido a grande aceitação da equipe de manutenção e a grande facilidade que o software permite na detecção de falha, podemos dizer que existem fortes indícios que levam a crer que o diagnóstico está sendo realizado em um tempo muito menor e conseqüentemente a resolução das falhas também.

Dadas as tendências das organizações de sempre reduzir o tempo de falha dos dispositivos para aumentar o processo produtivo, fica como sugestão para trabalhos futuros a criação de indicadores de eficiência que sejam capazes de evitar que essas falhas ocorram.

Referências Bibliográficas

Abraman. **A Situação da Manutenção no Brasil**. 26º Congresso Brasileiro de Automação. Associação Brasileira de Manutenção. Curitiba, 2011

Borges, F. C. D. **Curso Profissionalizante – Automação – Telecurso 2000**. Rio de Janeiro, 1999

Carvalho, F. B.; Torres, B. S.; Fonseca M. O.; Filho, C. S. **Sistemas PIMS – Conceituação, usos e benefícios**. São Paulo, 2005.

Cavalcante, C. A. V.; Almeida, A. T. **A Multicriteria Decision Aiding Model Using Promethee III For Preventive Maintenance Planning Under Uncertain Conditions**. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 2007.

Chernozhukov, V., Hansen, C., **Instrumental quantile regression inference for structural and treatment effect models**. J. Econom, 2006

Giacomo, S. **Nossa História 2012**: subtítulo. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Verso Brasil Editora, 2012.

Grosman, C. A., **Diagnóstico de Falhas e Alarmes em Sistemas Supervisórios e CLP**. 2008. Disponível em <http://www.mecatronicaatual.com.br/educacao/1303-diagnostico-de-falhas-e-alarmes-em-sistemas-supervisrios-e-clps>, acessado em junho de 2014.

Kohler, A.; Filho, T. L. C.; Pereira, T. S.; Schafranski, L. E. **Sistema de Automação da Aquisição de Dados para o Controle da Qualidade na Tritec Motors**. Campo Largo, 2004

Laudon, C. K.; Laudon, P. J. **Sistemas de Informação Gerenciais**. 9a Edição, 2011.

Leda, A. **Arquitetura Básica do CLP**. 2011. Disponível em <http://engmecatonico.blogspot.com.br/2011/05/arquitetura-basica-do-clp.html>, acessado em junho de 2014.

Mecatrônica Atual. **O funcionamento da memória de um CLP**. Disponível em <http://www.mecatronicaatual.com.br/educacao/1295-o-funcionamento-da-memria-de-um-clp>, acessado em junho de 2014.

Moraes, C. C.; CASTRUCCI, P. L. **Engenharia de Automação Industrial**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2001.

National Electrical Manufacturers Association. **NEMA IA**. Disponível em <http://www.nema.org/Standards/Pages/Programmable-Controllers-Part-1-General-Information.aspx>, acessado em junho 2014.

OSIsoft. **PI System Value Overview**. Disponível em http://www.osisoft.com/value/Value_Overview.aspx , acessado em junho de 2014.

Pupo, M. S. **Interface homem-máquina para supervisão de um CLP em controle de processos através da WWW**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

Siemens. **System Software for S7-300/400 System and Standard Functions**. Reference Manual, Berlin, 2006

Souza, R. B. **Uma Arquitetura para Sistemas Supervisórios Industriais e sua Aplicação em Processos de Elevação Artificial de Petróleo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2005.

Vale. **Missão, Visão e Valores**. Disponível em <http://www.vale.com/brasil/pt/aboutvale/mission/paginas/default.aspx>, acessado em junho de 2014.