

AUTOMAÇÃO DE UMA PLANTA DE CONCENTRADO DE COBRE – PLANTA DE SOSSEGO DA COMPANHIA VALE DO RIO DOCE¹

Marcelo Eduardo Rocha Gesualdi²

Resumo

O objetivo deste trabalho é apresentar as diretrizes básicas de um projeto de automação no estado da arte de uma planta de concentrado de cobre, tendo como base prática a planta de Sossego da Companhia Vale do Rio Doce. São destacados itens relativos à concepção do projeto de hardware e redes de comunicação, bem como ênfase com relação as soluções de *software* da ABB aplicados ao processo em questão. O sistema de automação e controle da planta de Sossego se baseia na tecnologia *Industrial IT* da ABB Ltda. Esse sistema de automação se caracteriza pela alta capacidade de integração entre os níveis ou camadas que compõem uma planta industrial, ou seja, o sistema coleta, analisa, organiza e propõe a melhor solução para dados de processo provindos das diversas interfaces disponíveis na planta, alcançando o controle desejado do processo associado a uma manutenção com alto grau de confiabilidade. A utilização do sistema de automação *Industrial IT* da ABB associado com o conhecimento detalhado do processo de concentrado de cobre da CVRD, proporcionou um excelente *know how* no desenvolvimento de soluções aplicadas ao processo em questão. Otimizações de processo foram realizadas através do sistema com a integração de outros sistemas desde a britagem primária, moagem, flotação até filtragem e despacho.

Palavras-chave: Automação; Controle de processo; SDCD; Concentrado de cobre.

¹ Trabalho a ser apresentado no IX Seminário de Automação de Processos da ABM, 5 a 7 de Outubro de 2005, Curitiba – PR – Brasil.

² Engenheiro eletricitista formado pela Escola Politécnica da USP – Atua como engenheiro líder de projetos no departamento ATPA-1 da ABB Ltda do Brasil.

INTRODUÇÃO

A complexidade de um projeto de automação do processo em uma planta de concentrado de cobre se inicia a partir das diferentes áreas que compõem e caracterizam a planta desde a britagem primária, passando pela moagem, flotação até a filtragem e despacho.

Do ponto de vista de *hardware* de automação, as grandes distâncias entre as diversas áreas do processo obrigam a utilização de equipamentos de redes de comunicação *Ethernet* sofisticados que permitam a interligação e interação de dados em tempo real entre elas. Localmente cada área necessita manusear e processar uma grande quantidade de dados provindos do processo no campo e que estão possivelmente disponíveis através de equipamentos diversos e conectados em redes de comunicação do tipo *fieldbus* e seriais (*Profibus, Foundation Fieldbus, Hart, Modbus etc*). O responsável pelo intermédio desses dois níveis *Ethernet* e *fieldbus* é também o principal responsável pelo processamento das funções de controle do processo: a unidade de controle (UC). Por outro lado, a integração das unidades de controle específicas de cada área, bem como a disponibilização dos dados de processo e de manutenção para as estações de operação e engenharia são realizados sobre uma arquitetura cliente/servidor em *Windows 2000*, a qual específicos servidores são responsáveis por específicos serviços dentro do sistema de automação.

É no entanto, ao nível de *software* de automação, que está arquitetura cliente/servidor se torna imprescindível, pois a necessidade de uma central de gerenciamento das diferentes funções de *software* do sistema de maneira a integrar as diversas áreas distantes do processo é realizada fundamentalmente através de uma interface de base de dados única para o sistema de automação. Assim, o sistema de automação deve possuir servidores com serviços específicos para configuração e armazenamento dos aspectos do sistema, e conexão aos dados em tempo real das unidades de controle. Os clientes estarão possibilitados a acessar nos servidores essas configurações e dados em tempo real conforme sua característica no sistema (estação de operação, manutenção ou engenharia). Uma arquitetura cliente/servidor pode proporcionar uma uniformidade das informações e configurações existentes no sistema, facilitando ao usuário do domínio criado uma confiabilidade maior no sistema.

Por fim, uma exigência que deve ser seguida atualmente se refere a utilização de padrões de mercado do sistema de automação, ou seja, o sistema deve possuir uma arquitetura de automação aberta a nível de integração com outros sistemas. Assim a utilização de tecnologias como *Ethernet/TCP/IP* nas redes de controle e planta; *Profibus, Foundation Fieldbus, Hart, Modbus, etc.* para *fieldbuses* e seriais; *OPC* para *Data Servers*; além dos padrões de linguagens de programação (*IEC 61131-3*), se tornam fundamentais na escolha de um sistema de automação apropriado não somente para plantas com processo em concentrado de cobre.

Seguindo as diretrizes descritas acima, a ABB Ltda propôs a CVRD o sistema de automação chamado de *Industrial IT* como base a planta de concentrado de cobre em Sossego. No desenvolver desse artigo descreveremos as principais funções implementadas pela ABB Ltda na planta de Sossego utilizando o sistema *Industrial IT*.

ARQUITETURA E DEFINIÇÕES DE *HARDWARE* DO SISTEMA *INDUSTRIAL IT* EM SOSSEGO

O sistema de automação *Industrial IT* proposto para a planta de Sossego pode ser interpretado a partir das redes de comunicação *Ethernet* disponíveis na arquitetura do sistema descritas a seguir:

- Rede de Controle: é uma *LAN* otimizada para uma comunicação de alta performance e confiabilidade com aceitáveis tempos de resposta em tempo real. Controladores e servidores de conectividades são conectados na rede de controle. A rede de controle é baseada em *Ethernet* usando o protocolo *MMS* no topo da camada do protocolo *TCP/IP*, ou seja, na camada 7 do modelo *OSI*. A rede de controle pode opcionalmente ser redundante usando o protocolo de redundância *RNRP*.
- Rede Cliente/Servidor: é utilizada para comunicação entre servidores, e entre estações clientes e servidores, e é baseada em *Ethernet TCP/IP*.
- Rede de Planta: pode ser dedicada para propósitos de automação de processo ou ser parte de uma *Intranet* de planta já disponível. Por exemplo, é na rede de planta que estão conectados os servidores de *PIMS*, *LIMS* e Sistemas Avançados de Otimização. É também baseada em *Ethernet TCP/IP*.

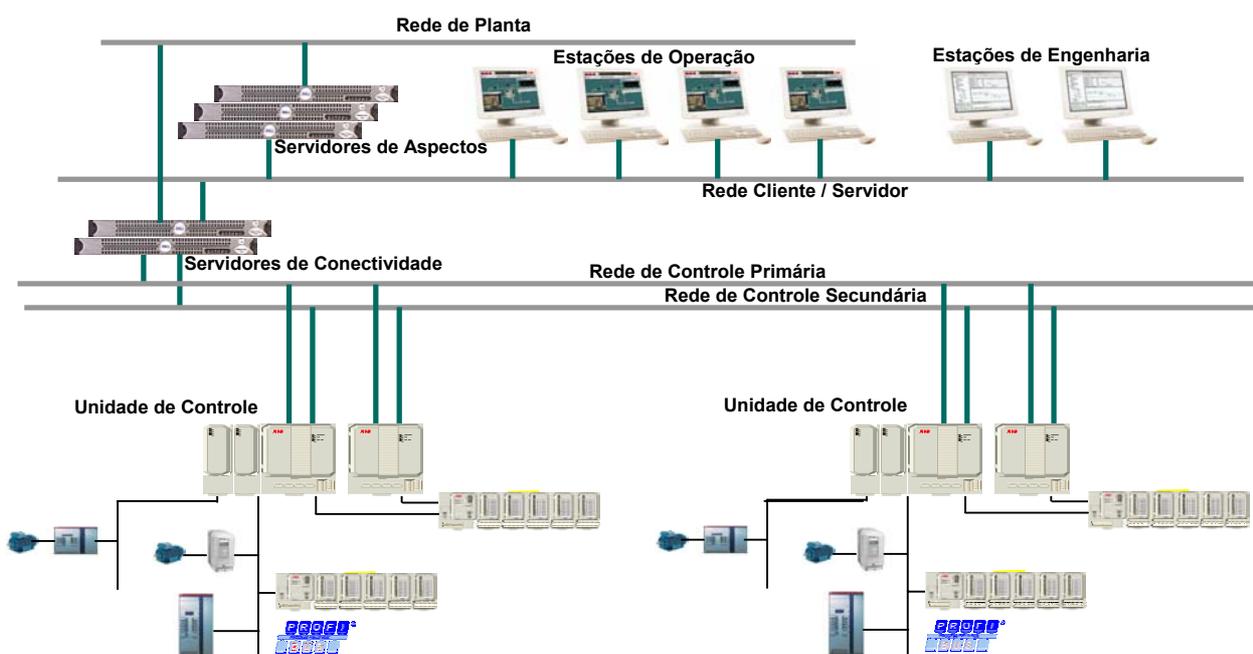


Figura 1. Arquitetura típica do sistema *Industrial IT* em Sossego.

Conforme Figura 1 ilustrada acima, destacam-se os seguintes componentes e funções que compõem o sistema como um todo:

- Servidor de Aspectos: representado em tripla redundância em Sossego, esse servidor tem como função a configuração e armazenamento dos aspectos do sistema (telas de processo, telas de tendências, relatórios, faceplates, alarmes e eventos, programas aplicativos das unidades de controle, etc.). Pode se dizer que é a inteligência do sistema.

- Servidor de Conectividade: representado em dupla redundância em Sossego, esse servidor é responsável pela conexão em tempo real aos dados de processo disponibilizados pelas unidades de controle locais e outros servidores de dados. Os serviços que rodam nesse servidor são relacionados a *OPC (DA, AE e HDA)*, e *SysMsg*.
- Estação de Operação: responsável pela operação do processo, essas estações acessam aspectos e dados em tempo real através da rede cliente/servidor nos servidores de aspectos e de conectividade respectivamente.
- Estação de Engenharia: utilizada principalmente pela manutenção e desenvolvimento, essas estações possuem as ferramentas de software responsáveis pelos programas aplicativos das unidades de controle e de confecção das telas de processo. Os códigos fontes dos programas aplicativos são considerados aspectos e são armazenados nos servidores de aspectos.
- Unidade de Controle: é o controlador responsável pelo processamento do controle do processo através de interfaces com o campo e rede de controle.

As interfaces com o campo citadas acima se referem as conexões entre a unidade de controle e unidades de entradas e saídas, centro de controle de motores (CCM), inversores de frequência, relês de média tensão e outras interfaces específicas para cada área do processo, como por exemplo: analisador de partículas (*PSI*), analisador Raio X *Courier*, excitatrizes de moinhos, etc. Tais interfaces são realizadas através de redes *fieldbuses* e seriais. A seguir se apresenta na Tabela 1 as principais interfaces utilizadas.

Tabela 1. Principais interfaces de campo utilizadas na arquitetura de Sossego.

Item	Interface	Tipo de Comunicação	Fabricante
1	Módulos de I/O's S800	Profibus DP	ABB
2	CCM Simocode	Profibus DP	Siemens
3	Inversor de Frequência AF300	Profibus DP	GE Fanuc
4	Inversor de Frequência ASI	Profibus DP	Robicon
5	CLP das Bombas de Incêndio	Profibus DP	Siemens
6	Relês de MT Multilin	Modbus RTU	GE
7	Compressores	Modbus RTU	Ingersoll Rand
8	Analisador Raio X Courier	Modbus RTU	Outokumpu
9	Analisador PSI	Modbus RTU	Outokumpu
10	IHM Filtro Prensa	Modbus RTU	Citec
11	CLP da Excitatriz dos Moinhos de Bolas	Modbus RTU	GE
12	Gerador de Emergência	Modbus RTU	Stemac
13	Impactômetro Analisador do Moinho SAG	Modbus RTU	FSE
14	Medidores de Energia MKM-D	Modbus RTU	Kron
15	Chillers	Modbus RTU	York
16	No-Breaks	Protocolo Serial Desenvolvido	Engetron

Também é importante ressaltar, que o sistema *Industrial IT* em Sossego estava conectados através da rede de planta aos outros sistemas para melhorias de produção via *OPC Connection*. Os principais sistemas são descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Sistemas conectados à arquitetura *Industrial IT* de Sossego

Item	Interface	Data Server	Fabricante
1	Sistema de Gerenciamento de Informação da Planta e do Laboratório (PIMS e LIMS)	OPC Server	ABB
2	Sistema de Controle de Processo Otimizado e Avançado	OPC Server	KnowledgeScope
3	Analizador de Granulometria por Imagem	OPC Server	
4	Estação de Tratamento de Água	OPC Server	Rockwell Automation

Por fim apresenta-se a Tabela 3, à qual estão listados os principais equipamentos ABB existentes na arquitetura *Industrial IT* em Sossego.

Tabela 3. Principais equipamentos na arquitetura *Industrial IT* de Sossego.

Item	Tag	Descrição do Equipamento - Área
1	2000-SV-01	Servidor de Aspectos ABB Industrial IT
2	2000-SV-02	Servidor de Aspectos ABB Industrial IT
3	2000-SV-03	Servidor de Aspectos ABB Industrial IT
4	2000-SV-04	Servidor de Conectividade ABB Industrial IT
5	2000-SV-05	Servidor de Conectividade ABB Industrial IT
6	2000-CW-01	Estação de Operação ABB Industrial IT com Monitor Dual
7	2000-CW-02	Estação de Operação ABB Industrial IT
8	2000-CW-03	Estação de Operação ABB Industrial IT com Monitor Dual
9	2000-CW-04	Estação de Operação ABB Industrial IT
19	2000-CW-05	Estação de Operação ABB Industrial IT no Moinho SAG
11	2000-CW-06	Estação de Engenharia ABB Industrial IT
12	2000-CW-07	Estação de Engenharia ABB Industrial IT
13	7053-SV-01	Estação de Desenvolvimento e Operação ABB Industrial IT no Terminal de Paraupebas
14	2651-UC-01	Unidade de Controle ABB AC800M PM864 – Moagem
15	2651-UC-02A	Unidade de Controle ABB AC800M PM864 – Moagem
16	2651-UC-02B	Unidade de Controle ABB AC800M PM864 – Moagem
17	2652-UC-01A	Unidade de Controle ABB AC800M PM864 – Espessamento e Reagentes
18	2652-UC-01B	Unidade de Controle ABB AC800M PM864 – Flotação
19	2652-UC-01C	Unidade de Controle ABB AC800M PM864 – Flotação
20	2652-UC-02	Unidade de Controle ABB AC800M PM864 – Filtragem
21	2653-UC-01	Unidade de Controle ABB AC800M PM864 – Rebritagem
22	2654-UC-01	Unidade de Controle ABB AC800M PM864 – Britagem Primária
23	2655-UC-01	Unidade de Controle ABB AC800M PM864 – TCLD
24	3054-UC-01	Unidade de Controle ABB AC800M PM861 – Água Bruta
25	3104-UC-01	Unidade de Controle ABB AC800M PM861 – Água de Processo
26	3301-UC-01	Unidade de Controle ABB AC800M PM864 – Subestação Principal
27	4057-UC-01	Unidade de Controle ABB AC800M PM861 – Laboratório
28	7053-UC-01	Unidade de Controle ABB AC800M PM861 – Terminal Paraupebas

CARACTERIZANDO O SISTEMA *INDUSTRIAL IT* EM SOSSEGO

Foi a necessidade na planta de Sossego de estender os alcances dos tradicionais sistema de automação para se obter os ganhos necessários e confiáveis na operação e manutenção do processo que a CVRD optou pelo sistema *Industrial IT* da ABB.

O *software Industrial IT* é acessível através de uma interface usuário simples que é configurada para apresentar informações e proporcionar interações no processo em um contexto apropriado para todas as disciplinas necessárias ao usuário.

É através do conceito de *ABB Industrial IT Aspect Object* ou simplesmente aspecto criado dentro do ambiente de engenharia do sistema que se proporciona uma base para o desenvolvimento eficiente, aplicação, reutilização e melhorias contínuas das necessidades da produção, engenharia e manutenção. Os aspectos se referem a todos os dados existentes na planta de um específico objeto, por exemplo, aspectos são itens de informações associados com os objetos (motor, válvula, *PID*, etc), tais como definições de entradas e saídas, desenhos de engenharia, gráficos de processo, relatórios, tendências, alarmes e eventos, etc. que estão associados a cada objeto no sistema (ver Figura 2).

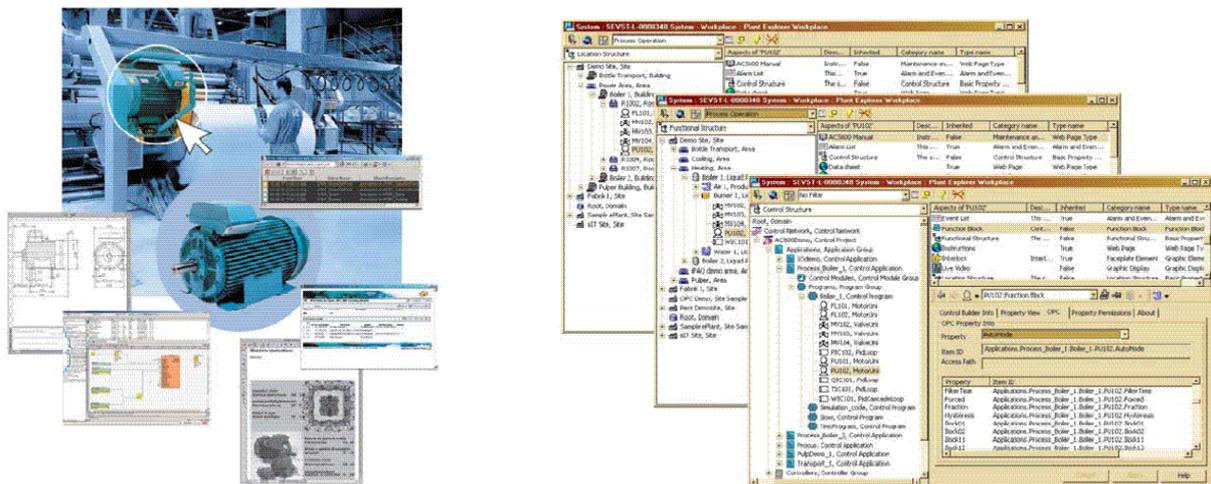


Figura 2. Ilustração de um *ABB Industrial IT Aspect Object* e *Plant Explorer*.

A principal interface do sistema *Industrial IT* é o *Plant Explorer*, que é utilizado para criar, deletar e organizar aspectos dentro do sistema. A organização dos aspectos é realizada nas diversas estruturas conforme funcionalidade, localização, área, etc. As principais estruturas do ponto de vista da planta são:

- Estrutura Funcional: mostra a planta do ponto de vista do processo. Assim os aspectos estão distribuídos conforme sua área no processo (moagem, britagem, flotação, etc.).
- Estrutura de Localização: mostra o *layout* físico de como os equipamentos estão localizados na planta. Por exemplo, uma distribuição conforme salas elétricas.
- Estrutura de Controle: mostra o sistema de controle em termos das redes, nós, *fieldbuses*, e estações de controle.

Na planta de Sossego, a existência de aplicações periféricas relacionadas com melhorias de produtividade (*PIMS*, *LIMS*, Sistema Avançado de Otimização de Processo) aumenta a quantidade de dados disponíveis na planta. Para evitar que qualquer usuário do sistema tenha acesso a uma sobrecarga de informações, o sistema *Industrial IT* reúne essas informações das múltiplas fontes da planta e transforma em informações relevantes para específicos grupos de usuários dentro do domínio, tais como técnicos de manutenção, engenheiros de processo, gerentes de produção e operadores da planta. Assim a arquitetura *Industrial IT* proporciona, conforme Figura 3:

- Operadores: um ambiente que permitá-los operar a planta de maneira segura e produzir o concentrado de cobre em quantidade e qualidade requeridas.
- Gerentes de Produção: um ambiente que permitá-los saber os aspectos da operação, manutenção e produção.
- Engenheiros: um ambiente que permitá-los implementar específicas mudanças com a planta produzindo no menor tempo, risco e custos possíveis.
- Técnicos de Manutenção: informações das aplicações para assegurar uma máxima disponibilidade da planta.

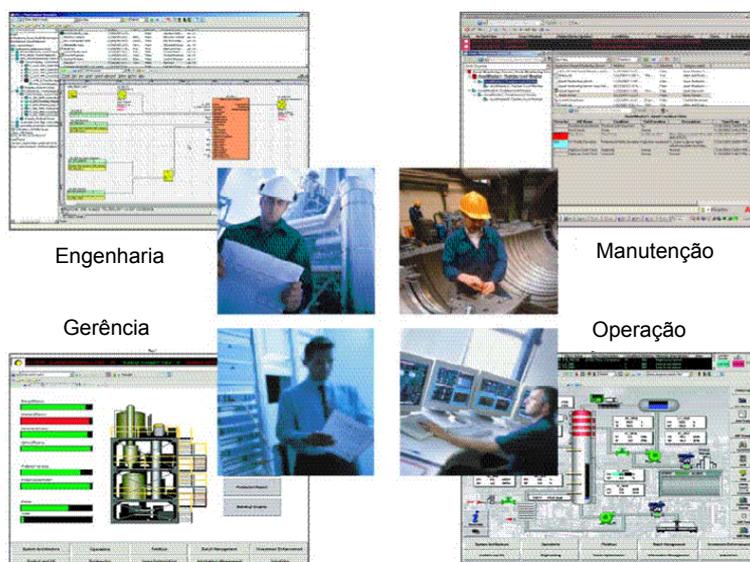


Figura 3. Grupos de usuários específicos dentro do sistema *ABB Industrial IT*

INTERFACE DE ENGENHARIA PARA DESENVOLVIMENTO NO SISTEMA *INDUSTRIAL IT*

Através de um ambiente de engenharia integrado, o desenvolvimento dos aplicativos de controle de processo se torna uma interface simples, intuitiva trazendo todas as informações ou aspectos da planta.

Por exemplo, é com um dos recursos do sistema, o *ABB Control Builder M (CBM)*, que se desenvolve os programas códigos de controle a serem carregados nas unidades de controle *ABB AC800M*. Uma das premissas do projeto foi o desenvolvimento de bibliotecas de software baseadas na norma IEC 61131-3 que suportarão módulos especiais de controle (*Control Modules*) específicos para cada típico de objeto (módulo de controle de *PID*, de motor com inversor de frequência, etc.). Esse módulo de controle desenvolvido no *CBM* se torna então um aspecto do

sistema ABB. Associa-se a esse objeto da biblioteca outros aspectos, tais como *faceplates* customizados na ferramenta de desenvolvimento de telas gráficas, o *ABB Display Builder*, que tem como base o *Visual Basic* da *Microsoft*, tendências, alarmes e eventos, relatório de manutenção, etc. O resultado da integração desses aspectos dentro de um único objeto proporciona a existência de uma base de dados única de aspectos, disponíveis para os vários níveis do sistema de automação: operação, engenharia e manutenção.

Exemplo: Controle em Cascata da Porcentagem de Sólidos do Moinho SAG

Para demonstrar a interação entre as várias interfaces do processo com os recursos que o sistema Industrial IT disponibiliza a nível de engenharia, manutenção e operação (conforme ilustrado na Figura 4) iremos focalizar em um exemplo prático de controle de processo na planta de Sossego: o Controle em Cascata da Porcentagem de Sólidos do Moinho SAG.

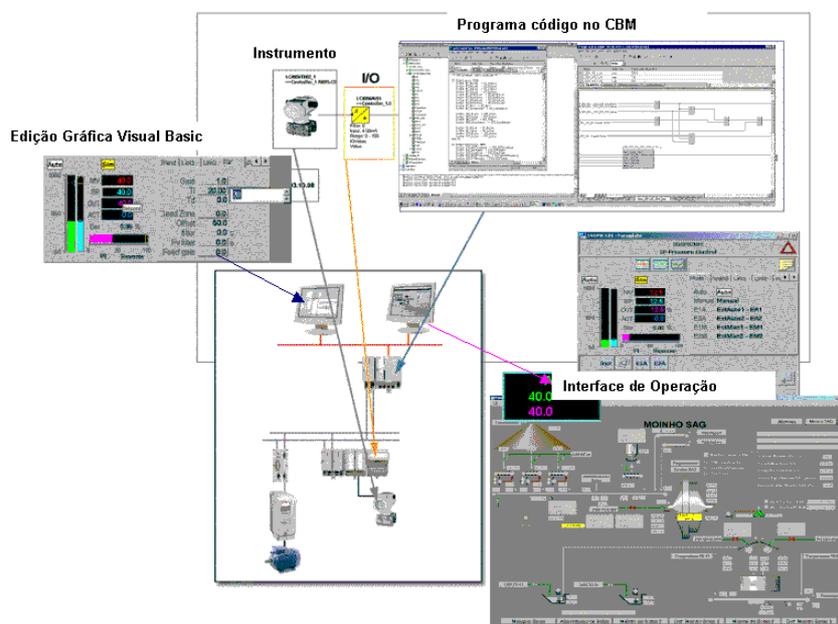


Figura 4. Interfaces de engenharia dentro do sistema *Industrial IT*

A fórmula para cálculo de porcentagem de sólidos é apresentada como:

$$\% \text{ Sólidos SAG} = \frac{(\text{Carga Recirculante} + \text{Carga Alimentação Nova}) \times (100 - \text{Umidade Alimentação})}{(\text{Carga Recirculante} + \text{Carga Alimentação Nova} + \text{Vazão de Água para SAG})}$$

Assim, o *setpoint* do controle é a **porcentagem de sólidos** e as variáveis a serem controladas são: a **vazão de água** através de uma válvula de controle e a **carga de alimentação nova** que é proporcional a velocidade dos alimentadores de minério controlados por inversores de frequência.

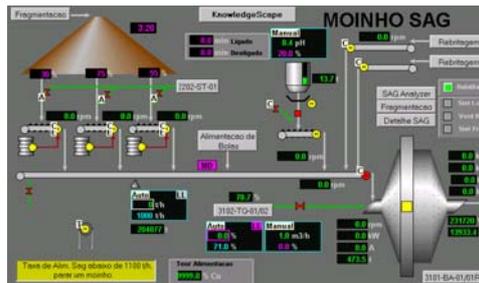


Figura 5. Representação gráfica do controle de porcentagem de sólidos no SAG

Com isso, dentro do *Plant Explorer* do sistema *Industrial IT*, será localizado na Estrutura de Controle, o programa aplicativo no *CBM* referente ao projeto que se destina esse controle. Dentro do *CBM* definiremos a biblioteca a ser escolhida, no caso um módulo de controle *PID* em cascata. Finalizamos o Programa código no *CBM*, com os parâmetros dos módulos de controle e conexão real com o *hardware*.

O próximo passo será inserir o objeto criado no *CBM* na Estrutura Funcional, ou seja, em uma tela gráfica de operação a ser criada no *Display Builder* do sistema.

Finaliza-se o desenvolvimento do controle, com o carregamento online do programa código na unidade de controle específica.

Assim, como o objeto criado e carregado no sistema se baseia em uma biblioteca de objeto customizada com vários aspectos, automaticamente já serão criados os seus aspectos inerentes como *faceplate*, tela de tendência, tela de alarmes e eventos, tela de notas do operador, e outros customizados na biblioteca.

O passo final será o comissionamento desse controle adotando os melhores parâmetros do controlador *PID* em cascata.

CONCLUSÕES

O acesso rápido e detalhado das informações disponibilizadas pelo sistema *Industrial IT* para o operador de processo e o técnico de manutenção, proporcionaram intervenções certas por tais na operação e correção de falhas nos equipamentos da planta. Além de proporcionar as informações pertinentes ao gerenciamento estratégico da produção. É inquestionável, que a origem dessas saudáveis informações e intervenções provém da estrutura em aspectos *ABB Industrial IT Aspect Object*.

Após a finalização da implantação e acompanhamento operacional do sistema *Industrial IT* na planta de concentrado de cobre, e a fácil assimilação no gerenciamento, operação, manutenção e continuidade do sistema *Industrial IT* pelo time de excelentes profissionais da CVRD em Sossego, conclue-se a total adequação do sistema aos rígidos padrões exigidos pela CVRD.

BIBLIOGRAFIA

- 1 MORAES, C.C., CASTRUCCI P.L. **Engenharia de Automação Industrial**. São Paulo: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. – 2001.
- 2 **System 800xA System Detailed Description**. ABB Document 3BUS091235R0101 – www.abb.com.
- 3 **800xA System Version 4.0 Automation System Network**. ABB Document 3BSE034463R4001 – www.abb.com.

CONCENTRATED CUPPER PLANT AUTOMATION – SOSSEGO PLANT FROM COMPANHIA VALE DO RIO DOCE¹

Marcelo Eduardo Rocha Gesualdi²

Abstract

The objective of this work is to present the basic rules and guidelines of a concentrated copper plant automation project based on the *Sossego* Plant from *Companhia Vale do Rio Doce*. Issues related with the networking and hardware project conception are focused, as well as ABB software solutions applied to this process. The *Sossego* automation and control system is based on ABB Industrial IT technology. This automation system features by high integration capacity among levels or layers that shape an industrial mill, i.e. the system collects, analyzes, organizes and proposes the best solution for process data of several sources available from the plant and then reaching the desired process control added with high level of reliable maintenance. The ABB Industrial IT automation system added with the detailed knowledge of concentrated copper process from *CVRD* means an excellent know how in the development of solutions applied to this mining process. Process optimizations were done with integration of different system since primary crushing, grinding, flotation until filtering and dispatching.

Key-words: Automation; Process control; DCS; Concentrated copper

¹ *Technical Contribution to IX Seminário de Automação de Processos da ABM, October 5 to 7, 2005, Curitiba – PR – Brazil.*

² *Electrical engineer – ABB Ltda in Brazil*