

IMPLEMENTAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE CONTROLE MULTIMALHA UTILIZANDO A NORMA IEC 61131-3 E FERRAMENTAS DE PIMS

Bernardo Soares Torres¹
bernardo.torres@atan.com.br
Dauler Gomes dos Santos¹
dauler.gomes@atan.com.br
Marcos de Oliveira Fonseca¹
marcos.fonseca@atan.com.br
¹ ATAN Sistemas de Automação

Abstract

This paper presents the benefits of using PIMS (Plant Information Management System) and the IEC 61131-3 rule on the area of Process Control to efficiently implement and tune controllers and decouplers. The results achieved by the use of these technologies are described in the text, emphasizing the implementation simplicity, robustness, tools' power and maintenance easiness.

Resumo

Este trabalho apresenta os benefícios obtidos através do uso de ferramentas PIMS (Plant Information Management System) e da norma IEC 61131-3 na área de controle de processos, principalmente para implementar e sintonizar controladores e desacopladores de maneira mais eficiente. Os resultados obtidos através do emprego destas tecnologias são descritos ao longo do texto, destacando-se a facilidade de implementação, robustez, poder das ferramentas e facilidade para manutenção.

Palavras chave: PIMS, banco de dados, automação, norma IEC 61131-3, controle de processos, controle multimalha.

1 INTRODUÇÃO

A implementação de controladores PID convencionais na indústria é relativamente simples e bastante difundida, já que praticamente todos os CPs (Controladores Programáveis) atuais já contêm funções específicas para implementar este controlador. No entanto, grande parte das malhas de controle industriais possuem desempenho insatisfatório em automático ou estão até mesmo operando em manual, gerando gastos excessivos de produção e perda de qualidade.

A dificuldade para sintonizar as malhas de controle é um dos motivos para explicar esta situação. Geralmente os responsáveis pela operação da planta não possuem ferramentas adequadas para realizar a sintonia destes controladores, já que a visualização das variáveis de processo nos CLPs e supervisórios é bastante limitada. Desta forma, o uso de ferramentas PIMS (Plant Information Management System) tem um papel fundamental na manipulação das informações da planta relacionadas às malhas de controle. Através do PIMS pode-se visualizar facilmente as variáveis de interesse, no período de tempo desejado e configurado facilmente pelo operador, e podendo-se fazer inclusive correlações e cálculos com estas variáveis. A sintonia das malhas de controle utilizando o PIMS torna-se assim uma tarefa mais fácil de ser empreendida.

Porém, em muitos casos, apenas a sintonia das malhas de controle não é capaz de garantir um bom desempenho para as malhas de controle. Em muitos sistemas industriais existe interação entre as malhas de controle que devem ser compensadas pelo uso de desacopladores entre as malhas. A implementação destes desacopladores não é tarefa trivial de ser empreendida através de programação ladder nos CLPs, principalmente quando são necessários desacopladores dinâmicos. Além disso, caso seja necessário utilizar outra estrutura de controle além do PID convencional, sua implementação torna-se bastante difícil de ser feita em linguagem ladder.

Neste contexto, o uso de metodologias baseadas na norma IEC 61131-3, assim como linguagens tais como diagrama de blocos funcionais e lista de instruções também definidas pela

norma, torna o trabalho de implementação de outras estruturas de controle muito mais dinâmico e fácil de ser empreendido.

Este trabalho apresenta os benefícios obtidos através do uso de ferramentas PIMS e da norma IEC 61131-3 para implementar e sintonizar controladores e desacopladores. Ao longo do texto são descritos exemplos de utilização do PIMS na área de controle de processos. Além disso, exemplifica-se o uso da norma IEC 61131-3 para implementação de PIDs, desacopladores dinâmicos e outras estruturas de controle utilizando-se novas técnicas propostas pela norma. Os resultados obtidos através do emprego destas tecnologias são descritos ao longo do texto, destacando-se a facilidade de implementação, robustez, poder das ferramentas e facilidade para manutenção.

2 SISTEMAS PIMS

PIMS (*Plant Information Management Systems*) são sistemas de aquisição de dados que, basicamente, amostram os dados do processo residentes em fontes distintas, os armazenam num banco de dados temporal/tempo real único e os disponibilizam através de diversas ferramentas. A partir de qualquer 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 (Correa, et. al., 2003; Carvalho, et. al., 2003; Mansur, et. al., 2003; Pinto, et. al., 2003).

A implantação de um sistema PIMS pode servir também como base à implantação de outros módulos de *software* como reconciliador de dados, sistemas especialistas e MES, além de facilitar a integração de sistemas ERP com o chão de fábrica.

A figura 1 mostra um exemplo de arquitetura para sistemas PIMS onde podem ser destacados o servidor principal e as diversas fontes de dados com as quais ele se comunica.

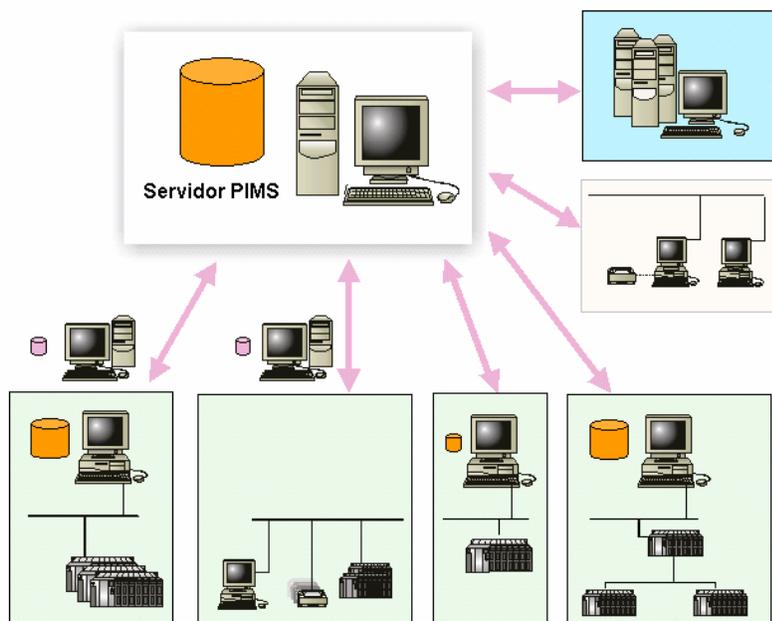


Figura 1: Exemplo de Arquitetura dos Sistemas PIMS

São muitos os benefícios gerados pela implantação de um sistema PIMS, destacando-se:

- **Centralização de dados de processo:** Os sistemas PIMS concentram as informações dos PLCs, SDCDs e Supervisórios em uma única base de dados de forma a permitir uma melhor correlação e análise destes dados.

- **Democratização da informação:** O PIMS possibilita que qualquer usuário tenha acesso aos dados da planta instantaneamente, fazendo com que o próprio usuário se torne o dono da informação e manipule a mesma da forma que julgar mais adequado;
- **Visualização do processo produtivo em tempo real e histórico:** 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 à eficiência de seu algoritmo de compressão que apresenta taxa típicas de compressão da ordem de 10:1.

Todos estes benefícios combinados entre si permitem que, tanto o engenheiro de processo quanto o operador da planta e pessoal de manutenção, encontrem respostas para o comportamento positivo ou negativo do processo e alcancem o pleno conhecimento de sua planta, podendo assim atuar de forma a buscar os melhores resultados.

3 NORMA IEC-61131

A norma IEC 61131 foi elaborada pela International Electrotechnical Commission com o objetivo de padronizar diversos aspectos relacionados aos de Controladores Programáveis (CP), assim como aplicar modernas técnicas e linguagens de programação para o desenvolvimento de software para estes sistemas. Como CP entende-se quaisquer equipamentos de controle com capacidade de programação, tais como CLP's, SDCD's Sistemas Híbridos, etc. A norma é composta por 8 partes, sendo que a parte 3 (61131-3) é destinada ao modelo de software e às linguagens de programação. Os principais conceitos e características apresentados pela IEC 61131-3 são:

- Base de dados com declaração de variáveis e alocação dinâmica
- Tipos de dados
- Estruturação, modularização, reutilização e portabilidade de software
- Orientação a objetos
- Processamento multitarefa
- 5 linguagens de programação

Apesar da norma 61131-3 introduzir modernas técnicas de programação para os sistemas de controle, esta norma é geralmente conhecida pela padronização de 5 linguagens de programação. Esta é uma interpretação inadequada por parte dos usuários de controle, pois as linguagens são simplesmente as ferramentas para implementar os conceitos do modelo de software. As 5 linguagens definidas pela norma são:

- Lista de Instruções – IL
- Diagrama Ladder – LD
- Diagrama de Blocos Funcionais – FBD
- Texto Estruturado –ST
- Sequenciamento Gráfico de Funções – SFC

Utilizando-se das linguagens de programação, é possível implementar as Funções, Blocos Funcionais e Programas, os quais são as Unidades de Organização de Programas (POU) que incorporam o modelo de software. O devido entendimento dos conceitos envolvidos pelo modelo de software, possibilitam ao desenvolvedor aplicar as técnicas de orientação a objetos, na busca de uma estruturação de software de forma modular e reutilizável. Além disso, é possível organizar os programas em um ambiente multitarefa de forma a tirar o máximo da capacidade de processamento do controlador, de forma a atender as exigências do processo a ser controlado.

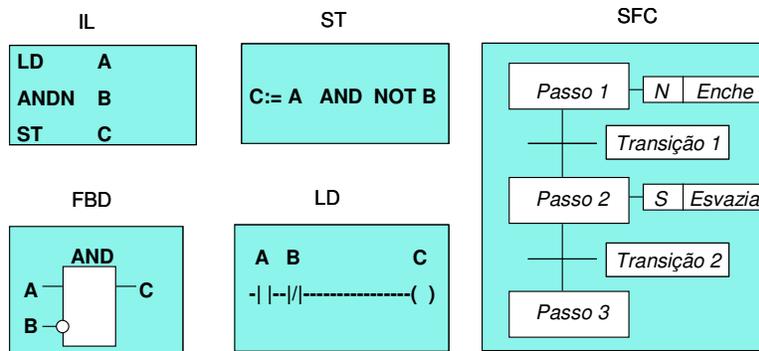


Figura 2 – Linguagens da norma IEC 61131-3

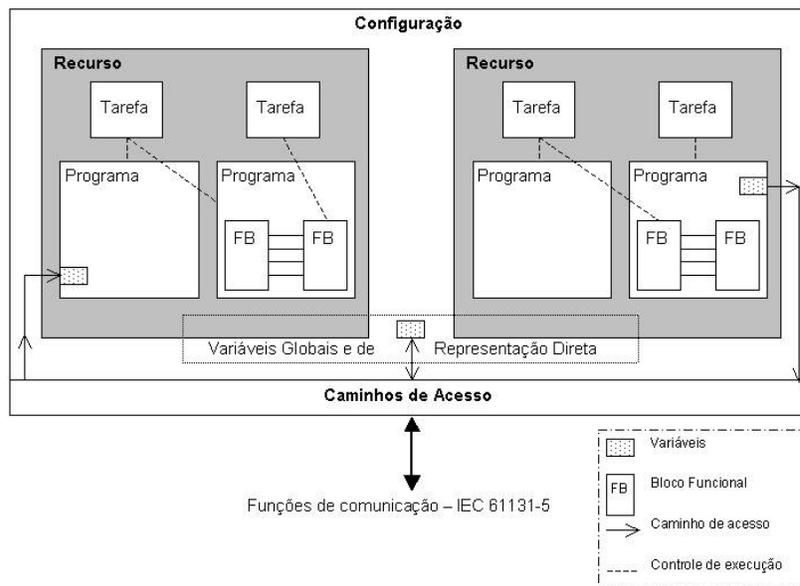


Figura 3 – Modelo de software da norma IEC 61131-3

A devida utilização dos conceitos e linguagens de programação da norma proporcionam os seguintes benefícios:

- Reutilização de código
- Minimização da ocorrência de erros devido à consistência por software
- Maior facilidade para entendimento do programa de controle
- Atendimento pleno às necessidades de controle para processos discretos e contínuos
- Otimização do uso da CPU do controlador
- Facilidade de manutenção e treinamento
- Estruturação e facilidade para compartilhamento da base de dados do CP
- Redução do esforço de engenharia para programação, testes e comissionamento

4 UTILIZAÇÃO DO PIMS PARA ANÁLISE E SINTONIA DE MALHAS DE CONTROLE

Apesar de ser um algoritmo de controle antigo e bastante difundido no meio acadêmico e industrial, observa-se que, de forma geral, os controladores PID em funcionamento na indústria não se encontram devidamente sintonizados, como destacado em diversos trabalhos da literatura.

Desborough e colaboradores (Desborough et al, 2001) destacam que apenas um terço das malhas de controle industriais está funcionando bem, um terço se encontra em manual e um terço piora o desempenho do processo ao invés de melhorá-lo. Segundo esses autores, os engenheiros de controle de processos não têm as ferramentas necessárias para monitorar o desempenho das malhas de controle. Além disso, nem sempre eles têm o conhecimento suficiente para intervir no sistema de controle e melhorar o desempenho das malhas.

A grande maioria das malhas de controle industriais são controladas por PLCs, SDCDs ou instrumentos inteligentes como por exemplo Fieldbus. Estes equipamentos são os mais robustos para controle das malhas, mas sua interface de programação não apresenta facilidades para se empreender a sintonia dos controladores PIDs. Alguns sistemas já apresentam módulos de sintonia automática, mas a visualização e refino dos resultados é muito difícil através das interfaces de programação dos mesmos. Os softwares supervisórios e estações de operação dos SDCDs, por sua vez, já apresentam gráficos de tendência em tempo real e histórico limitado das variáveis da planta. No entanto, estes sistemas não apresentam ferramentas facilitadas para fazer correlação de variáveis, exportação em tempo real de dados para outros sistemas como planilhas excel e buscas históricas longas. Além disso, a navegação nos gráficos de tendência é bastante lenta e de difícil configuração.

Neste contexto, softwares de PIMS, como o Infoplus.21 da empresa AspenTech, apresentam grandes vantagens para análise dos dados de processo e otimização da operação da planta. A figura 4 mostra a ferramenta de gráficos de tendência do Infoplus.21 sendo utilizada para a sintonia de uma malha de controle de vazão de oxigênio pelo método de Ziegler e Nichols (Torres, et. al., 2000) em uma usina de beneficiamento de minério de ferro.

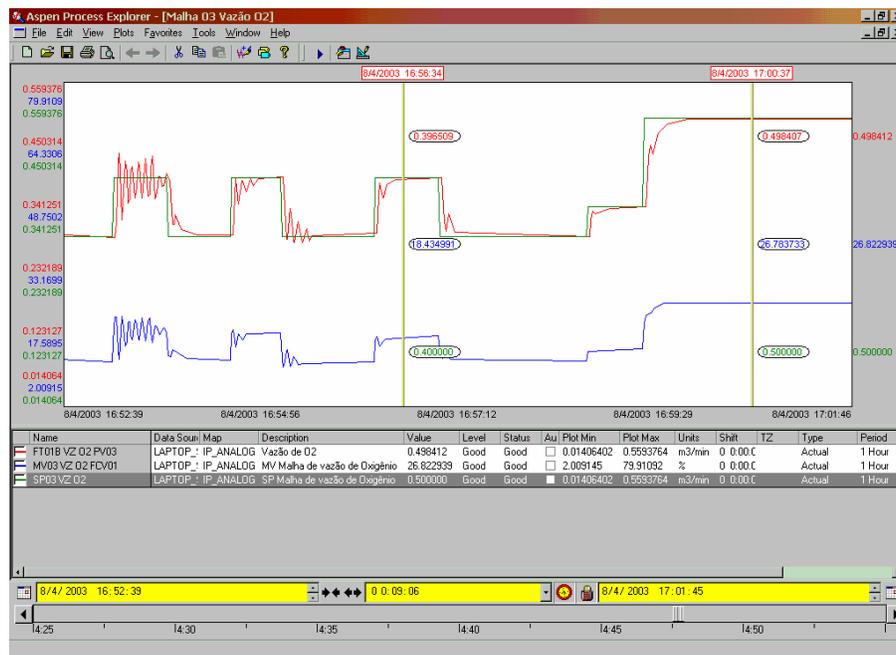


Figura 4 – Exemplo de utilização do PIMS para sintonia de malha de controle de Oxigênio, através do método de Ziegler-Nichols

Através desta ferramenta é muito mais fácil ajustar a janela de tempo sendo exibida na tela, observar valores instantâneos das variáveis em momentos específicos pela utilização de *Scouters* (indicadores pontuais de valores) e dar zoom em determinados períodos.

Muitas vezes é importante levantar curvas de vazão x abertura de válvulas para verificar o melhor ponto de operação das malhas de controle e verificar problemas de não linearidades no controle. A figura 5 ilustra o uso de uma ferramenta PIMS para traçar instantaneamente gráficos XY e assim permitir o estudo aprofundado do atuador do sistema, ou seja, da válvula de controle em uma determinada faixa de operação.



Figura 5 – Levantamento da curva da válvula (abertura x vazão) de controle de injeção de GLP em uma usina de beneficiamento de minério de ferro, utilizando o gráfico X-Y do PIMS

Outro exemplo do uso do PIMS para se detectar problemas de perda de controle em faixas específicas de operação (Torres, 2001) pode ser visualizado na figura 6. Nesta figura, um PID para controle de vazão de GLP em uma usina de beneficiamento de minério de ferro operava bem em determinadas faixas de operação, mas para baixas vazões o comportamento da malha era bastante oscilatório. Utilizando-se o PIMS detectou-se não linearidades na válvula de controle, sendo que esta válvula não estava adequada para trabalhar com baixas vazões.

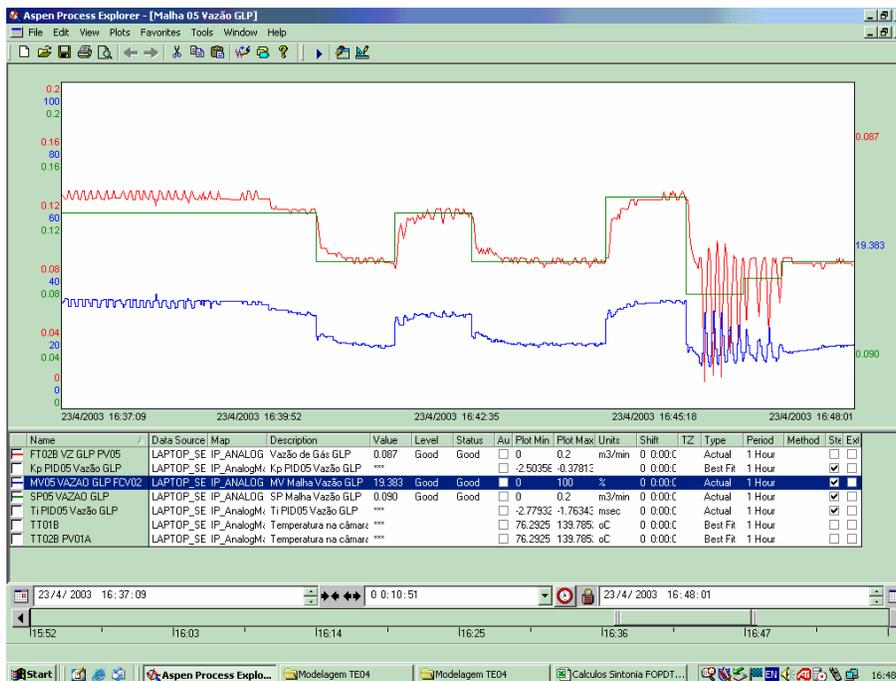


Figura 6 – Detecção de problema na malha de vazão de GLP para baixos set points. O PIMS foi utilizado para estudar a malha e detectar o problema.

Vários softwares de PIMS podem tanto ler dados dos sistemas de controle como enviar dados para estes sistemas. Desta forma, pode-se por exemplo, historiar os parâmetros de sintonia de controladores PID's (Figura 7) como utilizar ferramentas de estimação de parâmetros e determinação de parâmetros de sintonia (Torres e Pena, 2002), enviando estes novos parâmetros para o PID (Figura 8).

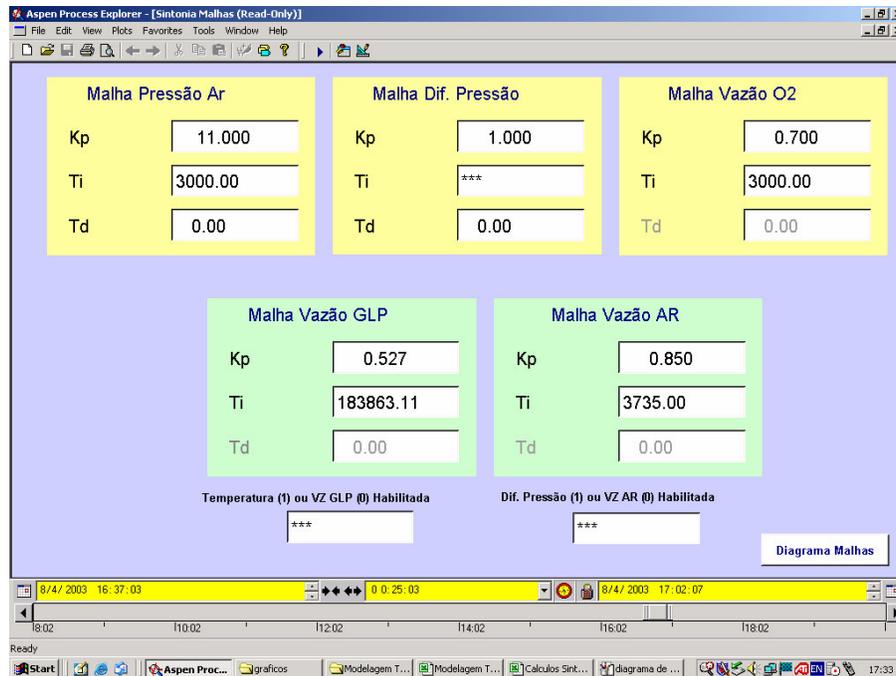


Figura 7 – Parâmetros de sintonia das malhas de controle PID de uma sistema multimalha em uma usina de beneficiamento de minério de ferro. A alteração destes parâmetros no PIMS pode ser enviada automaticamente para o PLC



Figura 8 – Estimação de parâmetros de um modelo FOPDT (Primeira ordem mais tempo morto) de uma malha de temperatura utilizando o PIMS

5 IMPLEMENTAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE CONTROLE MULTIMALHA UTILIZANDO A LINGUAGEM FBD DA NORMA IEC 61131-3

Grande parte dos sistemas de controle industriais envolve o controle de múltiplas variáveis de entrada e saída (MIMO-Multiple-Input, Multiple-Output). O controle de sistemas deste tipo não é trivial principalmente porque podem ocorrer interações entre as malhas de controle (Torres, et. al., 2002a; Torres, et. al., 2002b; Torres, et. al., 2001; Torres, 2002; Pena, et. al., 2003; Pena, et. al., 2001).

A sistematização de técnicas de sintonia e desacoplamento em sistemas multimalhas mostra-se assim de grande importância para o aumento da produção e minimização de custos da indústria, através da economia de insumos e redução da necessidade de paradas para manutenção de equipamentos. Além disso, a sintonia adequada de controladores é necessária para garantir a qualidade desejada do produto.

Um dos aspectos relevantes na utilização dos conceitos da norma 61131-3 consiste na encapsulação da complexidade do algoritmo de controle. As facilidades proporcionadas pelos ambientes de programação dos modernos sistemas de controle, tais como o sistema Freelance 2000 da ABB, possibilitam a implementação de algoritmos sofisticados utilizando-se as linguagens mais adequadas. Estes algoritmos são encapsulados em blocos funcionais, os quais podem ser utilizados em todas as linguagens de programação.

A partir da utilização de blocos funcionais, o algoritmo encapsulado passa a ser interpretado como uma função de transferência, onde o usuário precisa se preocupar apenas com os sinais de entrada, funcionalidade do bloco e sinais de saída, não sendo necessário interpretar o algoritmo interno do bloco. Este recurso facilita em muito o entendimento da função de controle, isentando o usuário do sistema de interpretar a codificação do algoritmo. Normalmente, os ambientes de programação permitem animar os valores e estados de entrada e saída do bloco durante a execução do programa, tornando a manutenção do sistema uma tarefa simples e rápida. Os programas são associados a tarefas com tempos de execução definidos, garantindo a execução da função de controle em tempo hábil para permitir o bom desempenho e tempo de resposta exigido pelo processo controlado.

O uso da linguagem de blocos funcionais é especialmente útil para a implementação de desacopladores entre as malhas de controle. Os desacopladores podem ser vistos como uma forma de controle antecipatório ("feedforward"), sendo que, neste caso, o distúrbio para o sistema será representado por uma variável manipulada (Shinskey, 1996).

A Figura 9 ilustra o uso de desacopladores em duas malhas de controle de um tanque (Torres, 2002). Neste exemplo, deseja-se controlar o nível do tanque, através da admissão de água fria, e deseja-se também controlar a sua temperatura através da admissão de água quente. A manipulação da válvula de entrada de água fria (que controla o nível) afeta a temperatura da água armazenada no tanque. Esta interação está representada pela função de transferência $G_{p21}(s)$.

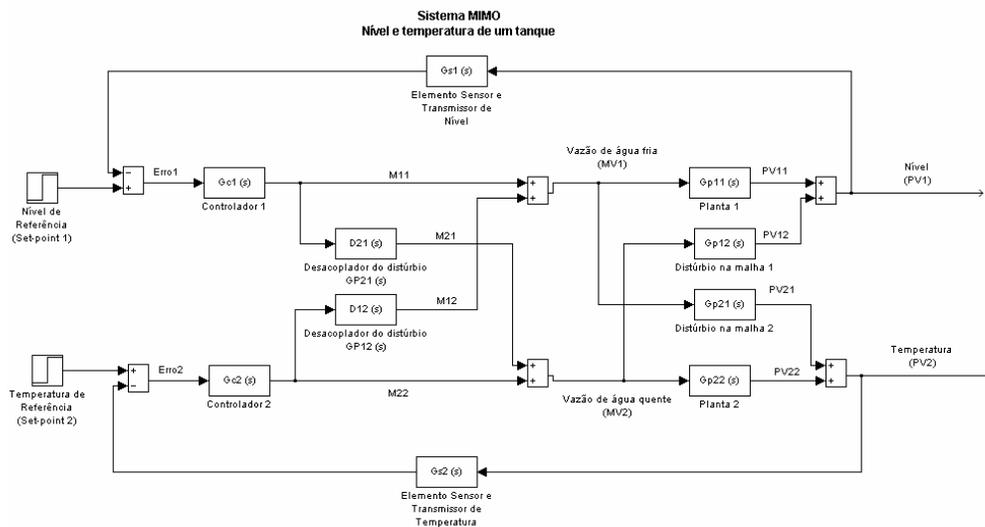


Figura 9 - Sistema 2 x 2 desacoplado para controle de nível e temperatura

A manipulação da válvula de entrada de água quente (que controla a temperatura) por sua vez afeta o nível no tanque. Este efeito está representado pela função de transferência $Gp_{12}(s)$.

O desacoplador $D_{21}(s)$ deve ser projetado para cancelar, ou atenuar, o efeito da interação representada pela função de transferência $Gp_{21}(s)$, e o desacoplador $D_{12}(s)$ é projetado para cancelar, ou atenuar, o efeito da interação representada pela função de transferência $Gp_{12}(s)$. O desacoplamento é então um esforço para se cancelar os efeitos das interações no processo, invertendo as funções de acoplamento no sistema de controle (Shinskey, 1996). Sendo o sistema linear, as equações (1) e (2) permitem projetar facilmente o desacoplador ideal (Torres, 2002).

$$D_{21}(s) = -\frac{Gp_{21}(s)}{Gp_{22}(s)} \quad (1)$$

$$D_{12}(s) = -\frac{Gp_{12}(s)}{Gp_{11}(s)} \quad (2)$$

Caso o denominador das expressões para projeto dos desacopladores apresentem atraso puro de tempo maior que aquele presente no numerador, o desacoplador correspondente não será fisicamente realizável. Isto ocorrerá porque haveria necessidade de um termo de predição. Neste caso, poderia-se simplesmente desprezar o atraso na expressão do desacoplador. Se o atraso do denominador for menor que aquele do numerador, o desacoplador será fisicamente realizável e poderá ser implementado por uma aproximação de Padé (Seborg et al., 1989).

Algumas vezes, o desacoplamento de todas as malhas de controle pode levar o sistema à instabilidade, já que distúrbios podem ser propagados a ambas as malhas de controle através dos dois controladores e dos dois desacopladores. Desta forma, o desacoplamento parcial do sistema pode ser vantajoso, já que a malha de controle envolvendo os dois controladores é quebrada e efeitos desestabilizadores não são assim propagados de uma malha para a outra (Shinskey, 1996). O desacoplamento parcial tende a ser assim mais robusto e menos sensível a erros de modelagem que o desacoplamento total (Seborg et al, 1989).

O desacoplamento parcial deve ser projetado para proteger a PV mais importante, a mais lenta ou a menos provável de ter o seu set point alterado (Shinskey, 1996).

O projeto de desacopladores dinâmicos é muito dependente da modelagem do sistema. Caso o modelo utilizado para projetar os desacopladores seja muito impreciso, pode-se degradar ainda mais o comportamento da variável controlada.

Neste contexto, o uso de um desacoplador estático parece ser uma boa alternativa, já que este é de fácil implementação e não depende fortemente da exatidão do modelo, como o caso do desacoplador dinâmico. Seu projeto é menos ambicioso que o desacoplador dinâmico, já que este desacoplador irá atenuar os efeitos de interações em estado estacionário entre as malhas (Seborg et al, 1989). As equações de projeto desse tipo de desacoplador podem ser encontradas fazendo-se $s = 0$ nas Equações (1) e (2). As equações resultantes são (3) e (4).

$$D_{21} = -\frac{Kp_{21}}{Kp_{22}} \quad (3)$$

$$D_{12} = -\frac{Kp_{12}}{Kp_{11}} \quad (4)$$

A figura 10 exemplifica a implementação de uma estratégia de controle multimalha utilizando a linguagem FBD.

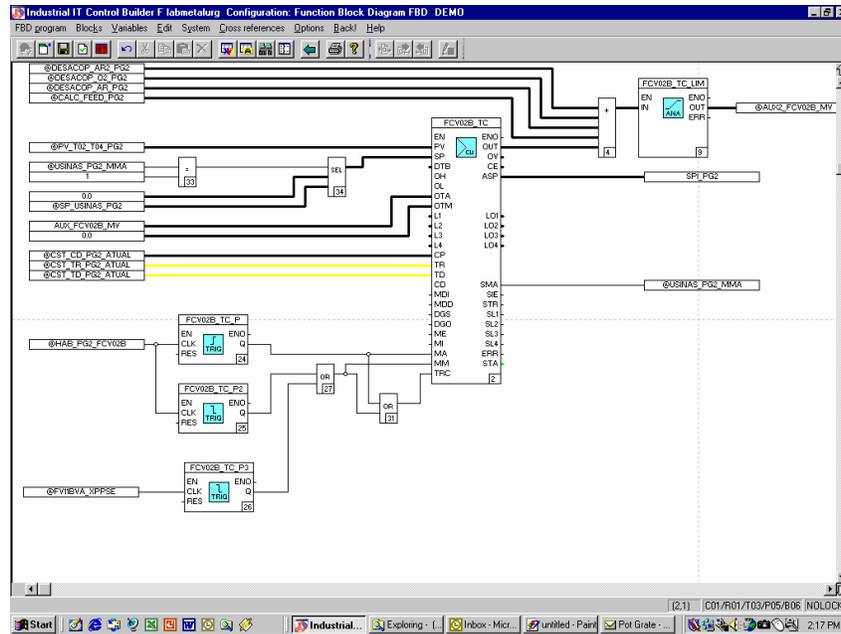


Figura 10 – Exemplo de implementação de bloco PID e desacopladores para controle de temperatura em uma usina de beneficiamento de minério de ferro

Na figura 10, soma-se à saída do PID os fatores referente aos desacopladores de outras malhas de controle. Desta forma, os efeitos destas outras malhas serão compensados pela saída dos desacopladores projetados. A figura 11 mostra a implementação usando FBD de desacopladores dinâmicos de primeira ordem mais tempo morto.

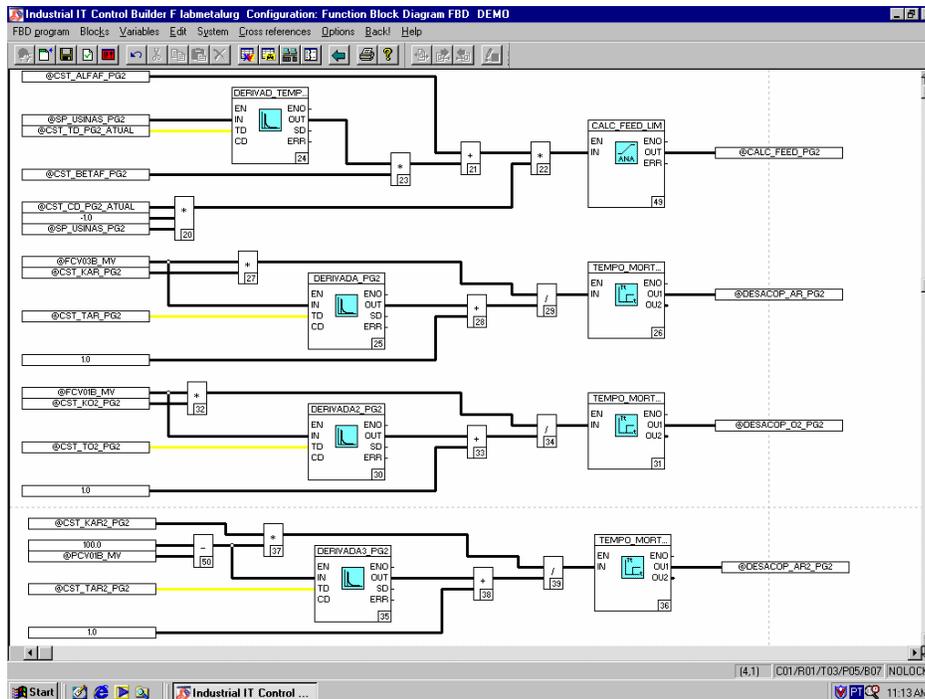


Figura 11 – Exemplo de implementação de desacopladores dinâmico em uma usina de beneficiamento de minério de ferro

As figuras 12 e 13 mostram um exemplo de redução da variabilidade de uma malha de controle de temperatura através do uso de um desacoplador para uma malha de diferencial de pressão de ar que afetava a malha de temperatura. As figuras foram obtidas através do software de PIMS deste

sistema, sendo que a curva em vermelho representa o comportamento da temperatura ao longo do tempo. Na figura 12 observa-se a variabilidade desta temperatura, que foi reduzida pelo uso do desacoplador, implementado utilizando-se a linguagem FBD do Freelance 2000 da ABB. O resultado pode ser observado na figura 13.

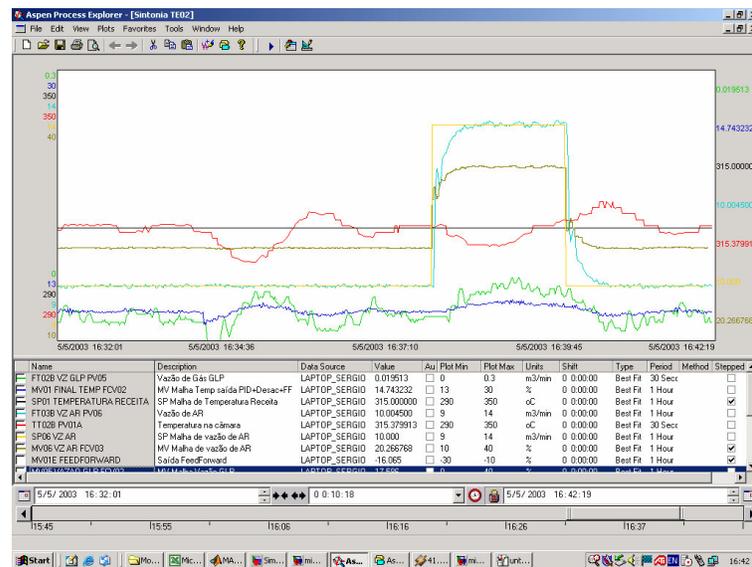


Figura 12 – Oscilações em uma malha de temperatura (em vermelho) causadas pela influência de outra malha (de pressão diferencial de ar) em uma usina de beneficiamento de minério de ferro

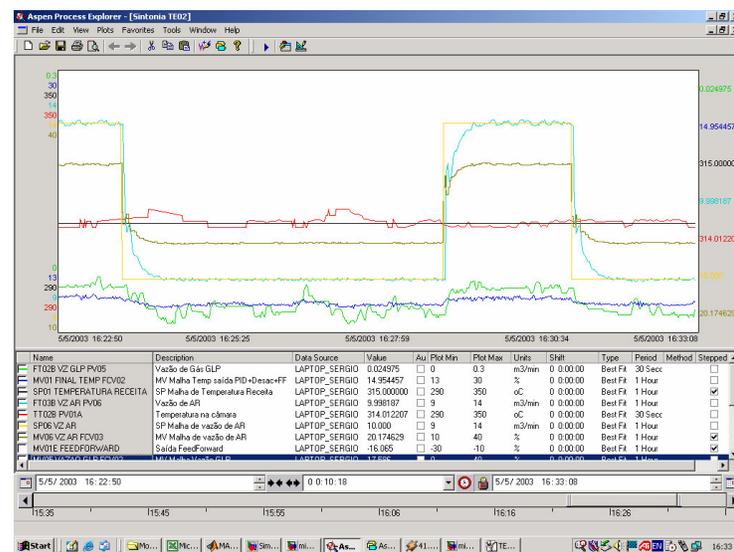


Figura 13 – Redução das oscilações em uma malha de temperatura (em vermelho) através da implementação de desacopladores utilizando a linguagem FBD

6 USO DO PIMS PARA ANÁLISE DE ACOPLAMENTO EM SISTEMAS MULTIMALHA

Por concentrar informações das mais diversas ilhas de automação da fábrica, o PIMS é a ferramenta ideal para o engenheiro de processo estudar o desempenho e acoplamento entre as malhas de controle. A figura 14 mostra o exemplo de um diagrama de blocos construído para se estudar de maneira mais eficiente a interação entre as malhas de controle de um sistema multimalha 4x4.

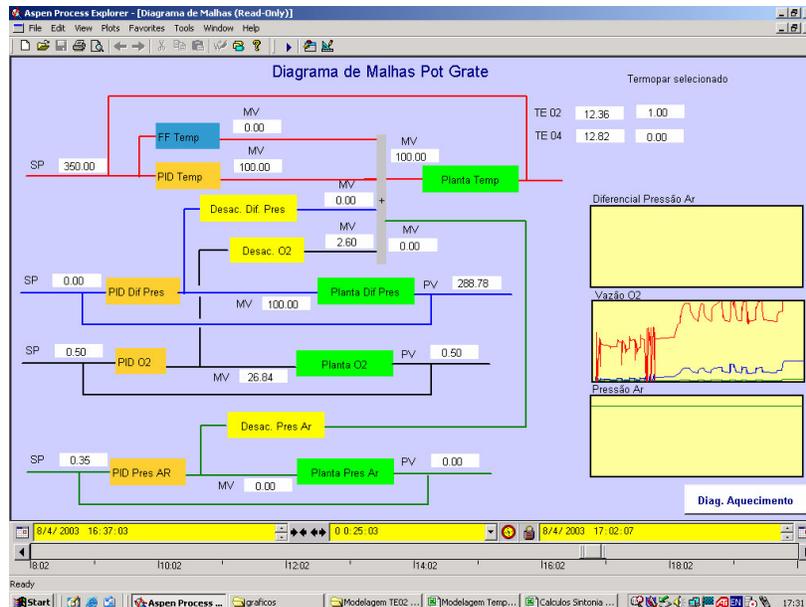


Figura 14 – Diagrama geral de acoplamento das malhas de controle PID de um sistema 4x4 e o acoplamento entre elas. A tela foi desenvolvida utilizando-se o PIMS

Através do PIMS, é possível enxergar de maneira mais eficiente os acoplamentos entre as malhas, podendo-se inclusive ter uma visão gráfica histórica do processo.

A figura 15 mostra o exemplo de uma tela sinótica do PIMS construída para o estudo da variabilidade de processo de uma área de neutralização de silicato de uma indústria química.

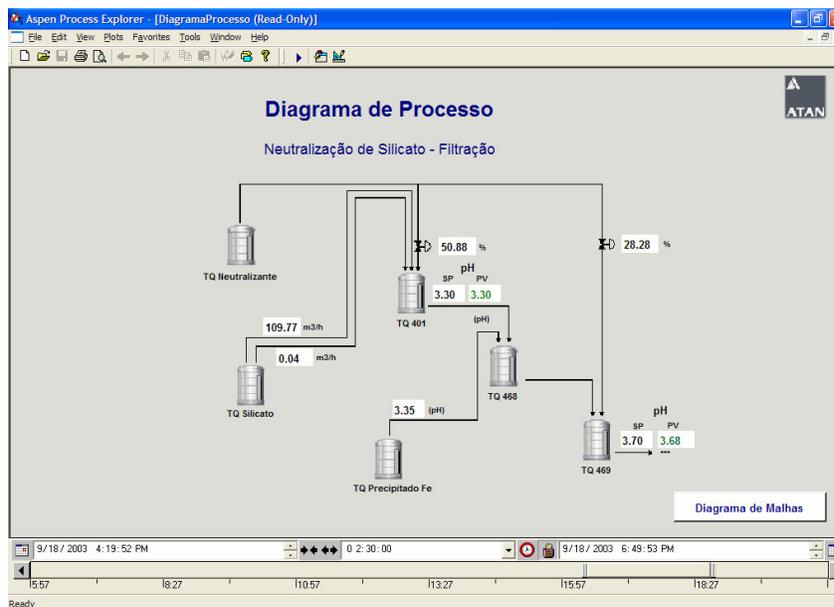


Figura 15 – Diagrama de um processo de neutralização de silicato

No processo da figura 15, deseja-se controlar o pH nos tanques TQ 401 e TQ 469. Inicialmente, empreendeu-se um processo de sintonia das duas malhas de pH utilizando-se o método de Ziegler-Nichols (Torres et al., 2000) e as ferramentas de PIMS para se empreender esta sintonia. A figura 16 mostra o desempenho da malha antes e depois da sintonia.

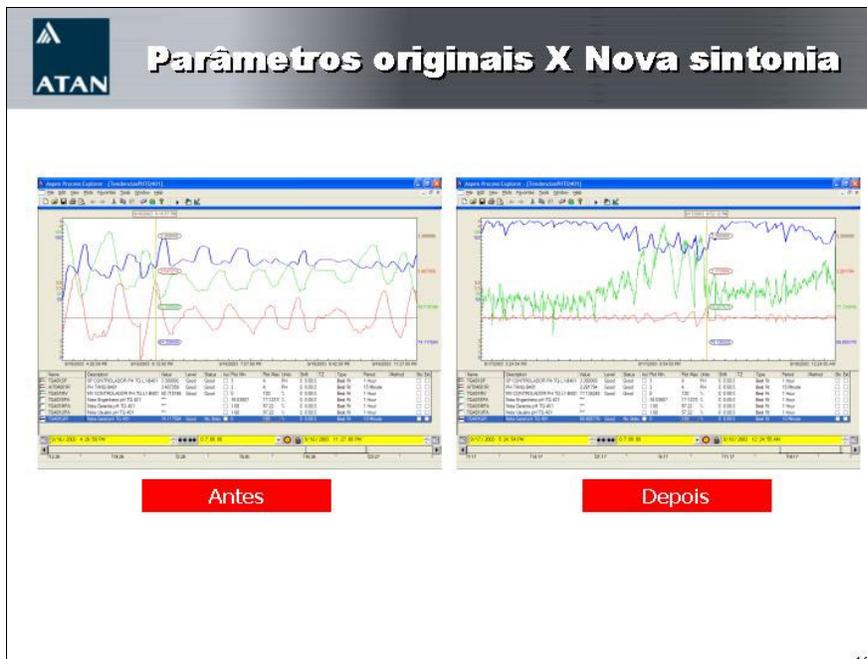


Figura 16 – Redução da variabilidade do pH (curva vermelha) no TQ401

A figura 16 mostra em uma janela de 7 horas o comportamento do pH (curva vermelha) antes da sintonia e após a sintonia. Observa-se a drástica redução das oscilações no pH.

Para o tanque 469 também conseguiu-se reduzir as oscilações do pH, porém, em alguns momentos, observou-se a elevação do pH neste tanque, conforme mostrado na figura 17.

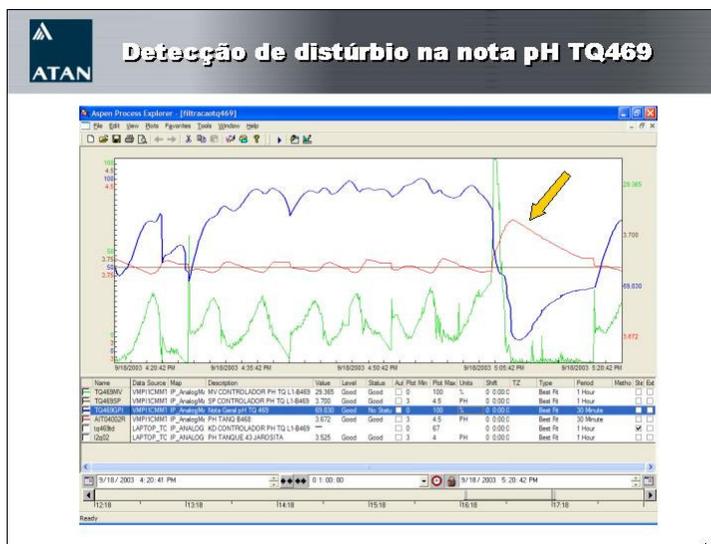


Figura 17 – Aumento do pH no tanque TQ469

Utilizando-se o PIMS, foi possível encontrar a causa desta oscilação, conforme exibido na figura 18. Verificou-se que um aumento no pH do precipitado de ferro do tanque anterior causava este distúrbio, que pôde ser modelado através de um gráfico de correlação XY do PIMS, conforme exibido na figura 19.

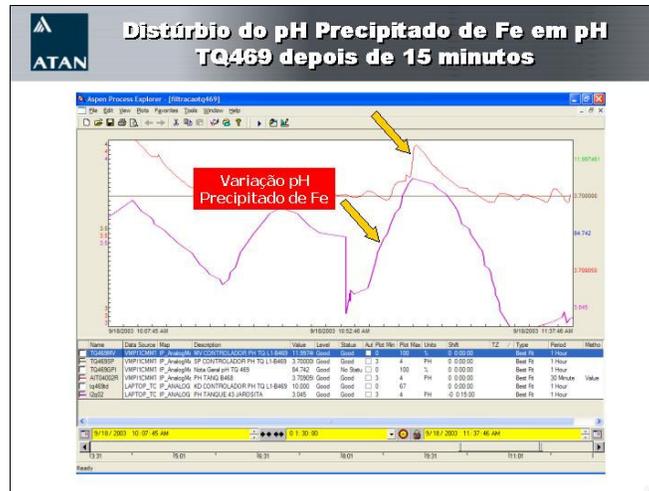


Figura 18 - Observação da influência do pH do precip. Fe no tanque 469.



Figura 19 - Correlação entre o pH do precipitado de Ferro e o pH no tanque 469

Foi encontrado um alto grau de correlação entre as variáveis, ressaltando a necessidade de se estudar formas de minimizar este acoplamento indesejável, seja por modificações no processo, melhor controle do pH do precipitado de ferro ou projeto e implementação de um desacoplador dinâmico.

7 CONCLUSÃO

Neste artigo foi apresentada uma solução tecnológica que passa a se constituir em uma ferramenta fundamental para a análise dos processos produtivos. Os benefícios promovidos pela implantação de um sistema PIMS para gerenciamento das informações de uma planta trazem ganhos potenciais como a melhoria da qualidade do produto, diminuição do custo operacional e redução da variabilidade do processo.

No contexto de análise de sistemas multimalhas, o PIMS torna-se uma ferramenta fundamental para o engenheiro de automação e de processo estudarem o acoplamento entre as malhas do sistema e buscarem alternativas para redução deste acoplamento. Neste contexto, a implantação de estratégias de controle multimalha é bastante adequada para redução destes acoplamentos. Para implementação desta alternativa, o uso de sistemas de controle que permitem a programação baseada na norma IEC 61131-3 torna este trabalho muito mais flexível e eficiente.

Os resultados obtidos através do emprego destas tecnologias incluem a facilidade de implementação, robustez, poder das ferramentas e facilidade para manutenção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carvalho, F. B., Torres, B. S., Fonseca, M. O., Seixas Filho, C. (2003). Sistemas PIMS – Conceituação, Usos e Benefícios, VII Seminário de Automação de Processos da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais – ABM, Santos/SP, Outubro.
- Corrêa, E. J. M., Rezende, C. F., Hermesmeyer Júnior, S., Cortes, R. F., Torres, B. S., Teixeira, E. L., Fonseca, M. O. (2003). Utilização de sistema PIMS para apoio às atividades da Manutenção e Metalurgia na CST, VII Seminário de Automação de Processos da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais – ABM, Santos/SP, Outubro.
- Desborough, L., Nordh, P., Miller, R. (2001). Control System Reliability – Process Out of Control, InTech with Industrial Computing, august, págs. 52-55.
- Mansur, R. A., Torres, B. S., Soares Júnior, J., Fonseca, M. O. (2003). Modelagem de um processo mineral: mineroduto da SAMARCO, VII Seminário de Automação de Processos da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais – ABM, Santos/SP, Outubro.
- Pena, R. T., Jota, F. G., Torres, B. S., Aquino, R. D., Caldeira, F. R. (2001). Aplicações de um sistema de tanques com tecnologia Fieldbus em estudos de controle e instrumentação, Congresso Internacional de Automação, Sistemas e Instrumentação – ISA Show Brasil, São Paulo, outubro.
- Pena, R. T., Torres, B. S., Assis, R. S., Carvalho, N. L., Caldeira, F. R., Penna, C. C. (2003). Development of a Tank System for Control Studies, 6th IFAC Symposium on Advances in Control Education (ACE2003), 16 a 18 de junho de 2003, Oulu, Finlândia.
- Pinto, V. A., Mello, S. A., Torres, B. S., Oliveira Júnior, O. L., Gabino, F. C., Pantoja, L. A. (2003). Apresentação do sistema PIMS utilizado no apoio ao processo de beneficiamento de minério de ferro na CVRD – Carajás, VII Seminário de Automação de Processos da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais – ABM, Santos/SP, Outubro.
- Seborg, D. E., Edgar, T. F., Mellichamp, D. A. (1989), Process Dynamics and Control, John Wiley & Sons.
- Shinskey, F. G. (1996). Process Control Systems: application, design and tuning, McGraw-Hill, 4th Edition.
- Torres, B. S. (2001). Detecção de problemas em malha de controle PID da Alcan - Ouro Preto, relatório Interno, ATAN Sistemas de Automação e Otimização Ltda, agosto/2001.
- Torres, B. S., (2002). Sintonia de Controladores PID em um Sistema Multimalha, Dissertação de Mestrado, PPGEE/UFMG.
- Torres, B. S., Aquino, R. D., Dias Filho, J. M., Pena, R. T., Jota, F. G., Caldeira, F. R. (2001). Otimização de Estratégias de Controle em Sistemas Multivariáveis, Congresso Internacional de Automação, Sistemas e Instrumentação – ISA Show Brasil, São Paulo, outubro.
- Torres, B. S., Jota, F. G., Pena, R. T., (2002a). Estratégias de Desacoplamento em Sistemas Multimalha no Controle de Nível, Vazão e Temperatura, Anais do XIV Congresso Brasileiro de Automática, págs. 991-997, Natal, RN, Set/2002.
- Torres, B. S., Jota, F. G., Pena, R. T., (2002b). Sintonia de Controladores PID em Sistemas Multimalha, 2º Congresso Internacional de Automação, Sistemas e Instrumentação - ISA Show South America 2002, São Paulo/SP, Novembro.
- Torres, B. S., Pena, R. T., (2002). Estudo e Aplicação de um Software de Sintonia Automática de Controladores PID, Revista Intech, ano V, número 46.
- Torres, B. S., Pena, R. T., Naves, A. H. C., Santos, O. A. Jr. (2000), Tuning of a pH control loop in a kaolin mining process, Preprints of PID'00 – IFAC Workshop on Digital Control – Past, Present and Future of PID Control, Terrassa, Spain, April, págs. 479-483.

www.pims.com.br

REFERÊNCIAS DE APLICAÇÕES PRÁTICAS

PIMS da CVRD – SISTEMA NORTE (abrangendo dois sites da CVRD: Mina de Carajás e Porto de Ponta da Madeira)

Aplicação utilizando o *software* InfoPlus.21 para a aquisição de dados de CLPs e Sistema Supervisório Intouch e a disponibilização de ferramentas de extração, análise e visualização de dados de processo e gerenciais. De fato, este sistema tem características híbridas, ou seja, possui funções tanto de PIMS como também de MES.

PIMS da CVRD – SISTEMA SUL (abrangendo as 07 usinas de Pelotização da CVRD)

Aplicação utilizando o *software* InfoPlus.21 para a aquisição de dados de CLPs e dos diversos sistemas de controle e supervisão das 07 (sete) usinas de Pelotização da CVRD (incluindo área de Utilidades e laboratório metalúrgico), além da disponibilização de ferramentas de extração, análise e visualização de dados de processo e gerenciais.

PIMS da CVRD – Usina de Pelotização de São Luís – MA

Aplicação utilizando o *software* infoplus.21 para a aquisição de dados de vários sistemas de controle da ABB (AC800F), sistema de supervisão Operate IT e dos diversos sistemas corporativos da CVRD. Este sistema PIMS possui 10.000 pontos.

PIMS da CST – Companhia Siderúrgica de Tubarão – ES

Aplicação utilizando o *software* InfoPlus.21 para a aquisição de dados de CLPs, sistemas de supervisão Intouch e Bases de Dados Relacionais, além da disponibilização de ferramentas de extração, análise e visualização de dados de processo e gerenciais através das ferramentas clientes e também em ambiente WEB, auxiliando no processo de investigação e solução de problemas operacionais. Este sistema PIMS possui quatro servidores coletando dados de diferentes áreas totalizando 30.000 pontos.

PIMS da Votorantim – Metais (Unidade de Vazante)

Aplicação utilizando o *software* InfoPlus.21 para realizar a integração de dados com os sistemas de supervisão e controle da unidade de Vazante, incluindo ainda a disponibilização de ferramentas de extração, análise e visualização de dados de processo e gerenciais.

PIMS da Votorantim – Metais (Unidade de Três Marias)

Aplicação utilizando o *software* InfoPlus.21 para realizar a coleta de dados com os sistemas de controle, incluindo ferramentas de extração, análise gerencial e visualização de dados de processo. O sistema PIMS de Três Marias tem uma base de dados de 5.000 pontos.

DADOS DOS AUTORES

Bernardo Soares Torres
ATAN Sistemas de Automação
Avenida Afonso Pena, 4001 – 9º. Andar – Funcionários
30130-008 – Belo Horizonte – MG
Telefone: (31) 3261-8877
Fax: (31) 3261-8900
E-mail: bernardo.torres@atan.com.br

Dauler Gomes dos Santos
ATAN Sistemas de Automação
Avenida Afonso Pena, 4001 – 9º. Andar – Funcionários
30130-008 – Belo Horizonte – MG
Telefone: (31) 3261-8888
Fax: (31) 3261-8900
E-mail: dauler.gomes@atan.com.br

Marcos de Oliveira Fonseca
ATAN Sistemas de Automação
Avenida Afonso Pena, 4001 – 9º. Andar – Funcionários
30130-008 – Belo Horizonte – MG
Telefone: (31) 3261-8880
Fax: (31) 3261-8900
E-mail: marcos.fonseca@atan.com.br