

# IMPLEMENTAÇÃO DE CONTROLE PREDITIVO MULTIVARIÁVEL COM OTIMIZAÇÃO DA ALIMENTAÇÃO DO MOINHO DE CARVÃO 3 NA SAMARCO MINERAÇÃO APLICAÇÃO DE CONTROLE PREDITIVO EM MOINHO DE CARVÃO

*Luciano França Rocha<sup>1</sup>  
Cláudio José Barcelos Dal'col<sup>2</sup>  
Gabriel Queiroz<sup>3</sup>  
Joaquim Guimarães<sup>4</sup>*

## **Resumo**

**Palavras-chave:** Controle; Preditivo; Processos; MPC; Otimização

## **AVERAGE ALARM RATE/HOUR/OPERATOR REDUCTION IN THE SAMARCO'S PELLETIZING 3<sup>TH</sup> PLANT CONTROL ROOM**

### **Abstract**

This work had as target the reduction of alarm rate announced to operators at pelletizing plant control room. The average rate after the start-up was 2052 alarms/hour/operator and we used the Lean Six Sigma methodology in order to organize and develop the project. The third plant uses the DeltaV supplied by Emerson Process and has an intensive use of field buses technologies. The big quantity of diagnostics available in conjunction of the absence of a standard to guide the integrators, strongly contributed to reach this high rate of alarms. During the development of the project, we had to develop standards and documents of alarms philosophy faced to the mining reality since the publications about this subject usually are focused on chemical, gas or oil industries not discussing about some typical alarms very common in the mining operations. In according the methodology we had 6 months to define the problem, measure it, analyze the data and improve the process. Due to the deadline to be met, the target was set at 200 alarms per hour which was reached in April 2009.

**Key words:** Control; Predictive; Automation; Process; Optimization

<sup>1</sup> *Engenheiro de Automação – Samarco Mineração.*

<sup>2</sup> *Engenheiro de Automação – Samarco Mineração.*

<sup>3</sup> *Técnico de Controle de Processo – Samarco Mineração*

<sup>4</sup> *Consultor Técnico – Op2B*

## 1 INTRODUÇÃO

Os moinhos secadores são equipamentos dotados de uma mesa rotativa, dois conjuntos de rolos moedores, um sistema interno de classificação, canal de admissão de carvão bruto, e sistema de transporte do carvão moído.

Os moinhos recebem um fluxo de ar quente proveniente dos fornos de pelletização, que é soprado sob a mesa rotativa, em contra corrente à carga de carvão bruto que é alimentado no moinho. O ar quente exerce dupla função: secagem e transporte do carvão moído.

A moagem é realizada pela compressão do carvão entre a mesa giratória e os rolos. Um sistema hidráulico regula a pressão da mesa sobre o leito de carvão e os rolos.

O carvão moído é transportado pelo fluxo de ar quente em direção à parte superior do moinho, onde o fluxo atravessa um sistema de pás (statopool), que provoca a classificação, fazendo as partículas grosseiras retornarem para mesa giratória, enquanto as partículas finas deixam o moinho junto ao fluxo de ar em direção a um sistema de filtros de mangas, onde é realizada a separação das partículas de carvão do ar.

O carvão moído após a filtragem é enviado a um sistema de transporte pneumático, denominado POLDENS, onde é enviado as silos diários, SCHENCK I e SHENCK II.

Parte do ar após filtragem é lançado à atmosfera e a outra parte é reaproveitada no sistema.

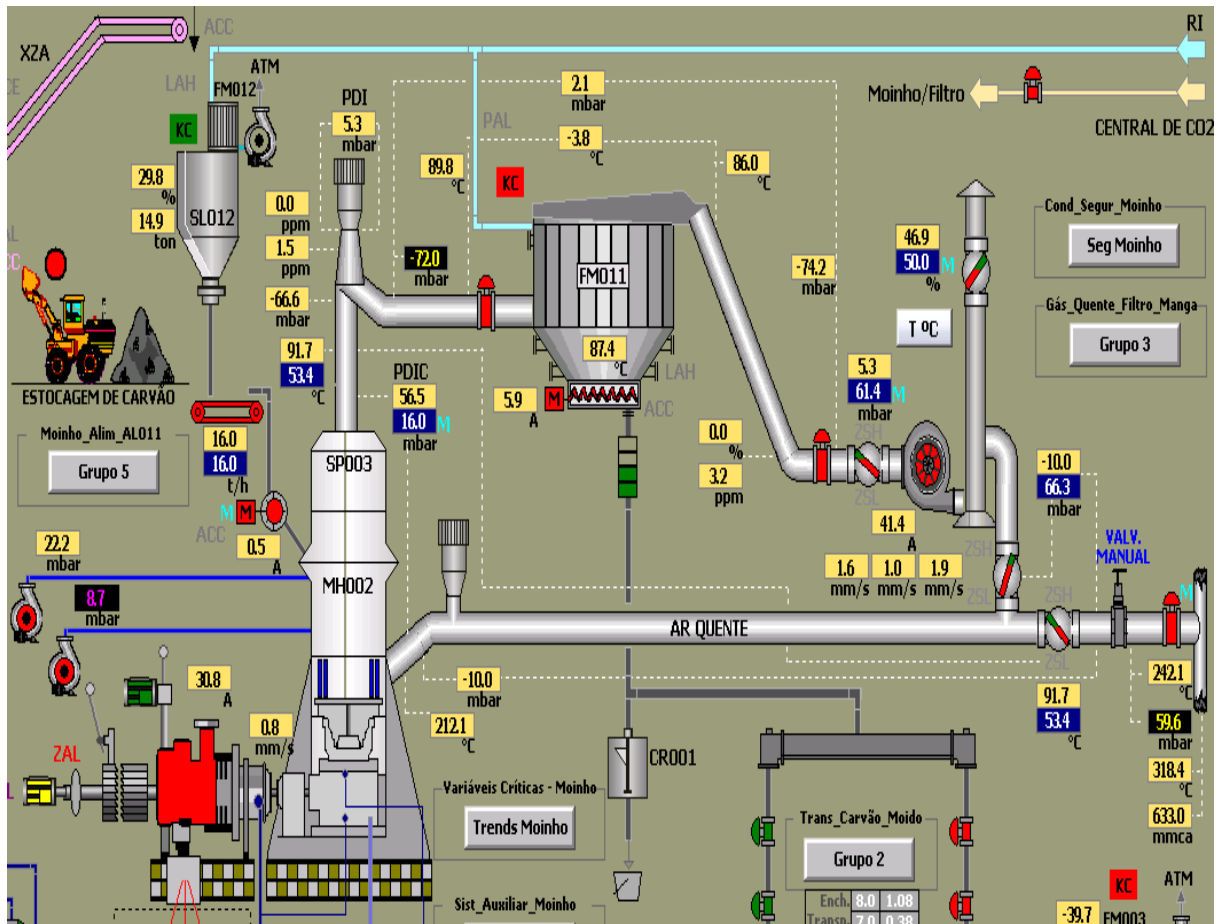
A figura esquematiza a seqüência de moagem no moinho secador.

<sup>1</sup> Engenheiro de Automação – Samarco Mineração.

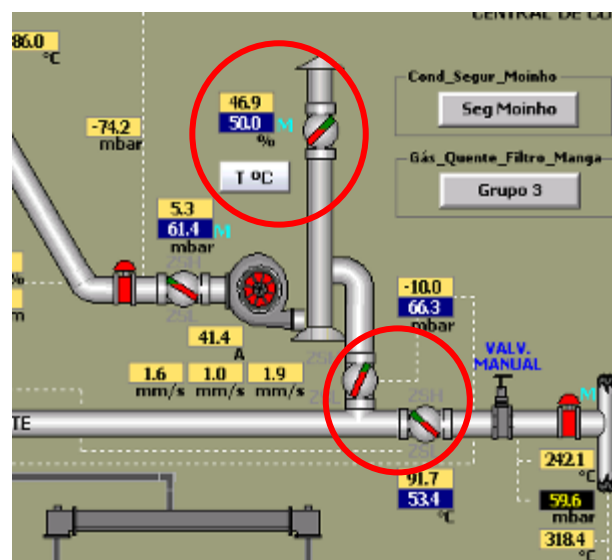
<sup>2</sup> Engenheiro de Automação – Samarco Mineração.

<sup>3</sup> Técnico de Controle de Processo – Samarco Mineração

<sup>4</sup> Consultor Técnico – Op2B



A pressão e temperatura são duas variáveis importantes no processo de moagem e podem ser controladas utilizando as duas válvulas de controle circuladas em vermelho. As outras duas válvulas também impactam estas duas variáveis e poderiam entrar num controlador multivariável, porém costumam ser operadas manualmente. O problema disso é que em situação de distúrbio o operador precisa manobrá-las para garantir a continuidade da operação do moinho.



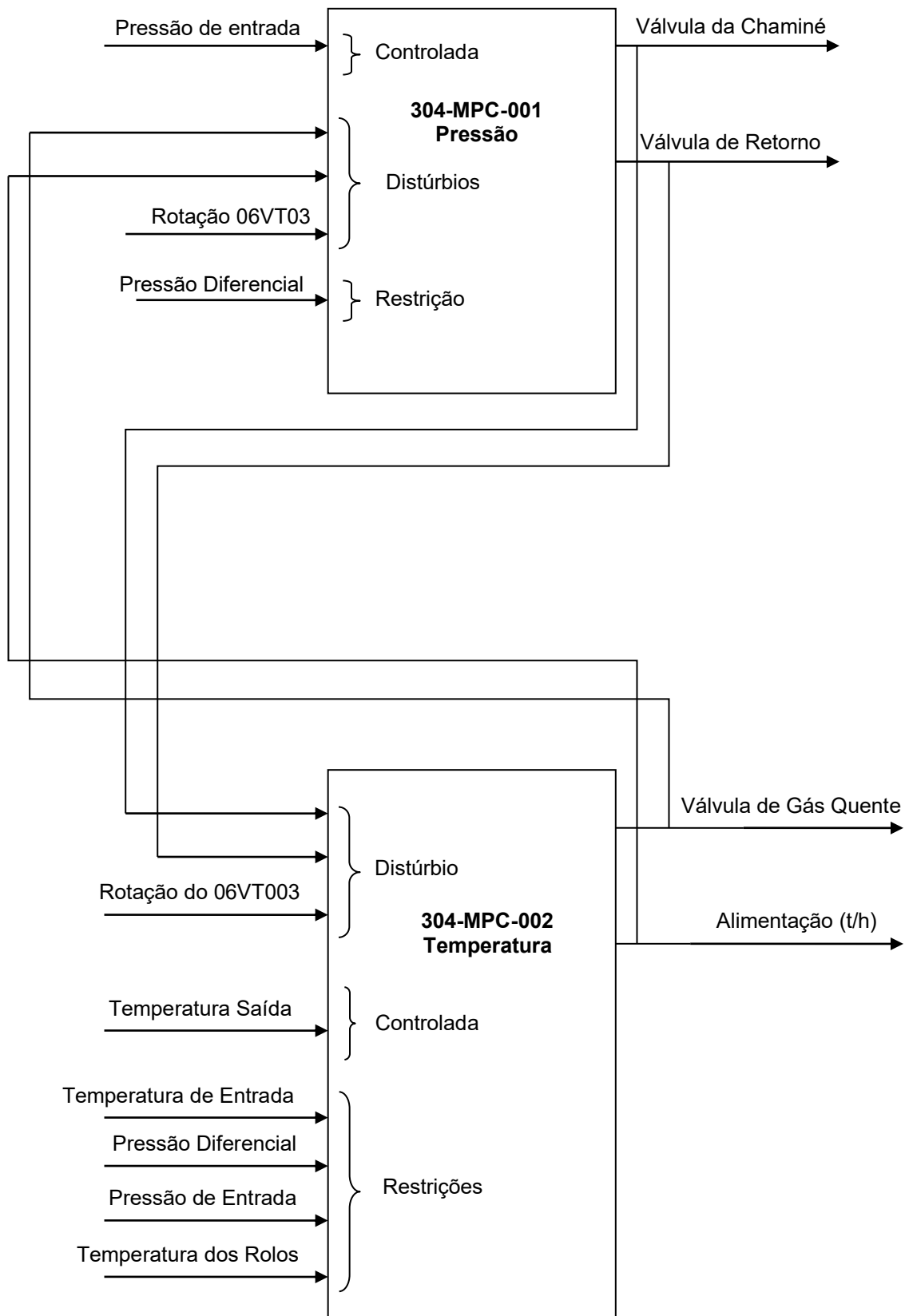
- 1 Engenheiro de Automação – Samarco Mineração.
- 2 Engenheiro de Automação – Samarco Mineração.
- 3 Técnico de Controle de Processo – Samarco Mineração
- 4 Consultor Técnico – Op2B

O moinho trabalha com recirculação de gases, sendo que parte destes gases vão para atmosfera e esse volume pode ser controlado pela válvula que se encontra na chaminé.

A alimentação do moinho é uma função da pressão diferencial entre a pressão da entrada do moinho e da saída. Quanto menor a pressão diferencial maior pode ser a alimentação.

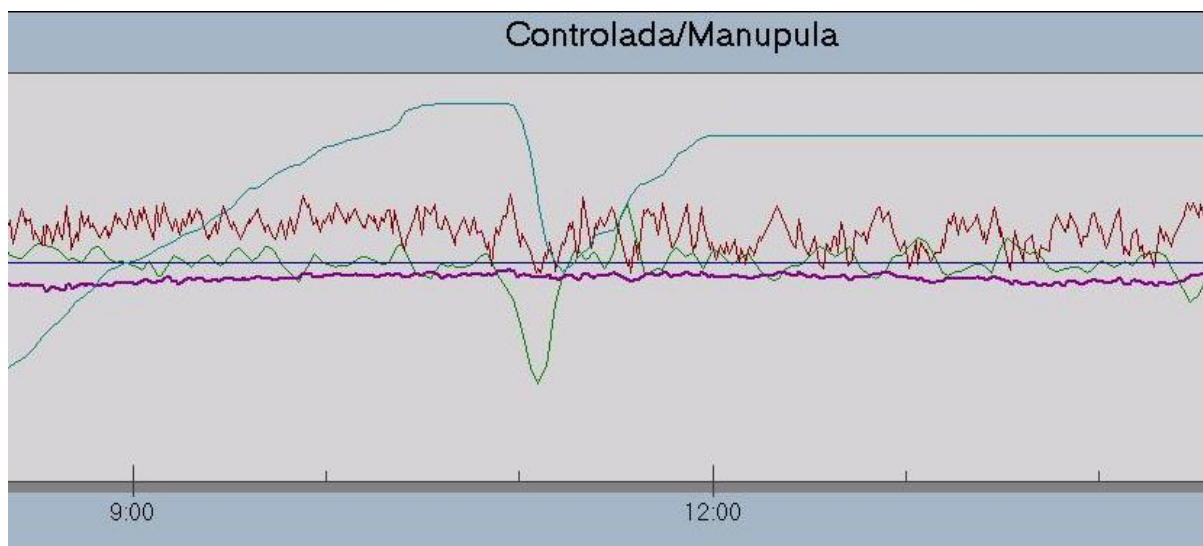
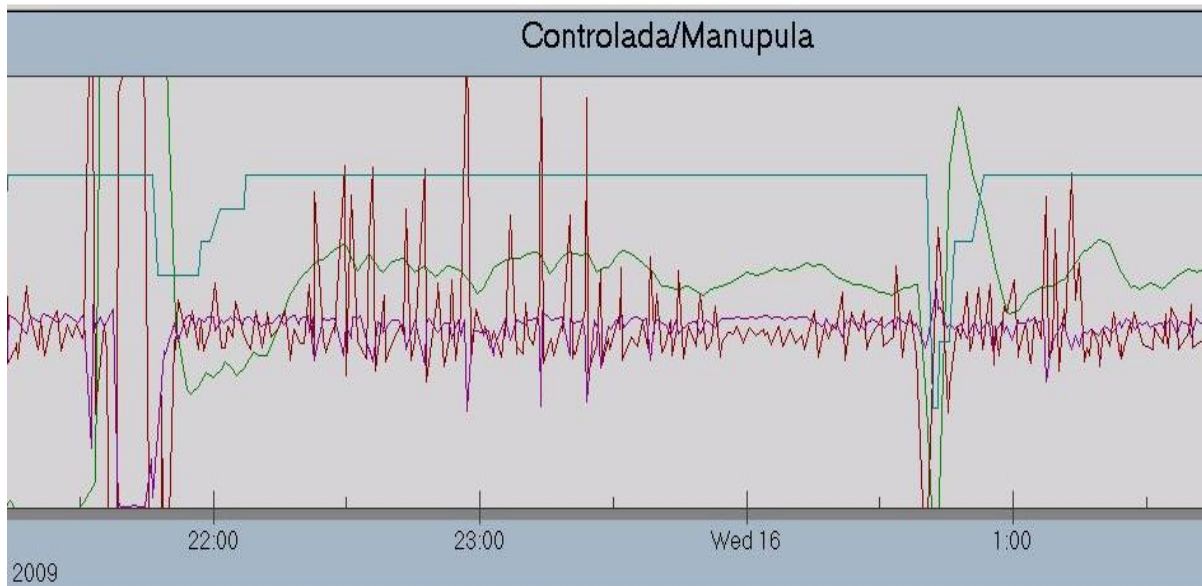
## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

<sup>1</sup> *Engenheiro de Automação – Samarco Mineração.*  
<sup>2</sup> *Engenheiro de Automação – Samarco Mineração.*  
<sup>3</sup> *Técnico de Controle de Processo – Samarco Mineração*  
<sup>4</sup> *Consultor Técnico – Op2B*



<sup>1</sup> Engenheiro de Automação – Samarco Mineração.  
<sup>2</sup> Engenheiro de Automação – Samarco Mineração.  
<sup>3</sup> Técnico de Controle de Processo – Samarco Mineração  
<sup>4</sup> Consultor Técnico – Op2B

### 3 RESULTADOS



Para apuração dos ganhos foram considerados os valores das variáveis sempre 30 minutos após a partida do moinho, pois assim assegura-se que o processo está em regime.

	Antes	Depois	Ganho
Média de Alimentação	23,25	<b>24,97</b>	7,4%
Desvio de Temperatura de Saída	3,67	<b>1,48</b>	-59,6%
Desvio de Pressão de Entrada	6,82	<b>1,40</b>	-79,5%

<sup>1</sup> Engenheiro de Automação – Samarco Mineração.

<sup>2</sup> Engenheiro de Automação – Samarco Mineração.

<sup>3</sup> Técnico de Controle de Processo – Samarco Mineração

<sup>4</sup> Consultor Técnico – Op2B

## 4 DISCUSSÃO

Não linearidade do modelo de pressão diferencial para a alimentação. Inicialmente utilizamos um modelo da alimentação para a pressão diferencial que foi levantado com uma alimentação bem abaixo do limite superior do moinho. Este modelo apresentava baixo ganho, porém observamos que ao chegar próximo da alimentação máxima pequenas variações na alimentação impactam bastante a pressão diferencial e como o controlador só tomará ações de controle quando a pressão diferencial estiver para ser violada a ação de não era eficiente para controlar o moinho neste ponto, o que fazia a manipulada de alimentação ciclar junto com a variável de pressão de entrada pois o controlador entendia que era preciso mexer muito na alimentação para poder corrigir o diferencial. Observada essa característica do moinho, carregamos o controlador com um modelo com ganho que corresponde ao ponto de funcionamento próximo do limite máximo de alimentação o controle passou a estabilizar.

Falar sobre a opção de se utilizar dos controladores (TSS's diferentes).

## 5 CONCLUSÃO

Com este trabalho vimos que com a chegada de novas tecnologias, precisamos estar preparados para os novos conceitos que vem com elas. A existência de critérios claros e objetivos, padrões de configuração e documentos de filosofia são decisivos para um bom resultado final de um projeto de automação deste porte.

## Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer ao analista de processos Jonas Niero pela colaboração com o trabalho, ao corpo gerencial da empresa que apoio e forneceu recursos a esta iniciativa.

## REFERÊNCIAS

- 1 EMERSON, DeltaV Books Oline 10.3: Copyright © 1994-2009, Fisher-Rosemount Systems, Inc. All Rights Reserved.
- 2 Blevins, Terrence, *Advanced Control Unleashed: Plant Performance Management for Optimum Benefit*, Research Triangle Park, ISA – The International Society of Automation, ISBN 1-55617-815-8

<sup>1</sup> Engenheiro de Automação – Samarco Mineração.

<sup>2</sup> Engenheiro de Automação – Samarco Mineração.

<sup>3</sup> Técnico de Controle de Processo – Samarco Mineração

<sup>4</sup> Consultor Técnico – Op2B