

CONTROLE DE RITMO EM LAMINAÇÃO DE LONGOS: CONTROLE DE RITMO NO LAMINADOR 2 DA ARCELORMITTAL PIRACICABA¹

*Altamir Neves Gomes²
André Luiz Barbosa Carvalho³
Frank Reinaldo Buzelli⁴
Leonardo Henrique Woitowicz⁵*

Resumo

O controle de ritmo em laminação de longos é determinante para a produtividade do laminador. Esse trabalho mostra como foi mapeado o processo de desenformamento de tarugos, criado um modelo matemático para os sub-processos e detalhes da implantação desse controle no Laminador 2 da ArcelorMittal Piracicaba. Esse projeto foi guiado usando ferramentas Seis Sigma como o Mapa de Processos. O resultado obtido foi uma cadência mais controlada que trouxe ganhos em produtividade e em rendimento.

Palavras-chave: Ritmo de produção; Seis Sigma, Produtividade.

PRODUCTION PACE CONTROL: CONTROLLING THE PRODUCTION CADENCE AT ARCELORMITTAL PIRACICABA ROLLING MILL 2

Abstract

The production pace control defines the productivity of a Rolling Mill. This paper shows how the billet discharging process of the reheat furnace was mapped including its mathematical modeling for all sub-process and the details of the deployment at ArcelorMittal Piracicaba Rolling Mill 2. Six Sigma theory and methodologies were used for developing the solution. The operational result was a controlled production rate that brought productivity and yield gains.

Key words: Production pace; Six Sigma; Productivity.

¹ *Contribuição técnica ao 46º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 27 a 30 de outubro de 2009, Santos, SP.*

² *Supervisor de Manutenção de Laminação da ArcelorMittal Piracicaba*

³ *Gerente de Manutenção de Laminação da ArcelorMittal Piracicaba*

⁴ *Técnico de Manutenção de Laminação da ArcelorMittal Piracicaba*

⁵ *Engenheiro de Controle e Automação da ArcelorMittal Piracicaba*

1 INTRODUÇÃO

O ritmo de laminação é determinante para a produtividade de um laminador. Esse trabalho mostra como a integração entre dois processos de laminação trouxe constância e cadência ao Laminador 2 da ArcelorMittal Piracicaba. Para o desenvolvimento desse trabalho foram utilizadas ferramentas Seis Sigma⁽¹⁾ que auxiliaram na execução do projeto garantindo precisão que é determinante no controle empregado.

Apesar de contínuo, o processo de laminação possui sub-processos que podem ser considerados independentes e cuja integração é similar a processos de batelada, com o cuidado que não pode haver formação de estoques intermediários. Assim, todo produto de um sub-processo deve ser consumido pelo processo seguinte assim que produzido. O grande problema está na diferença de vazão e na variabilidade do tempo de cada etapa.

A modelagem desses processos foi feita com o auxílio do mapa de processos, e alguns pontos fracos foram levantados usando-se o Diagrama de Ischkawa. As modificações feitas trouxeram estabilidade e constância ao processo, reduzindo consideravelmente a variabilidade do gap.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A realização desse trabalho contou com o auxílio do PDCA⁽²⁾ (*Plan, Do, Check, Act*). Na etapa inicial, a utilização do Mapa de Processo foi de especial importância por trazer a todos os envolvidos no projeto clareza sobre as variáveis de atuação e principalmente os ruídos envolvidos. As ações implementadas garantiram que a variabilidade diminuísse consideravelmente trazendo maior estabilidade para o processo.

A primeira etapa desenvolvida no trabalho foi mapear os processos diretamente relacionados com o ritmo de laminação. São três os principais: desenformamento, mesa de rolos e laminação. Uma vez terminado o desenformamento, a peça percorre a mesa de rolos e chega à primeira cadeira de laminação. Nesse ponto destacam-se os dois problemas possíveis: se a peça chega à primeira cadeira e a peça anterior ainda não foi totalmente processada pela gaiola, haverá uma colisão entre elas que fatalmente resultará em perda de uma peça. Por outro lado, se a peça demora muito para chegar à gaiola, indicadores de produtividade são penalizados. A seguir é apresentado um pequeno modelo do processo.

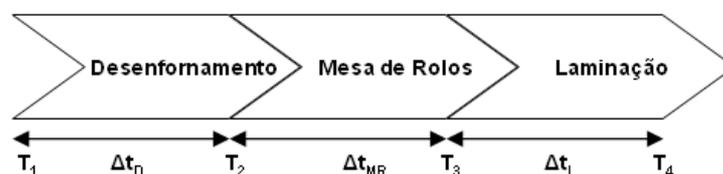


Figura 1. Processo de desenformamento e consumo de tarugos.

T_1 é o instante do comando para desenformar uma peça. O ciclo de desenformamento (Δt_D) varia de acordo com condições internas do forno. O instante T_2 é o momento em que a peça é desenformada e ela percorre a mesa de rolos por um tempo Δt_{MR} . Em T_3 a peça chega na gaiola 1 e em T_4 ela foi completamente processada.

O ciclo da mesa de rolos é diferenciado no sentido que pode processar mais de uma peça por vez. Assim, o ciclo total pode ser reduzido, aumentando-se a produtividade do laminador (se não fosse assim o ciclo global seria fixo). A Figura 2 mostra como ocorre o processamento de duas peças paralelamente:

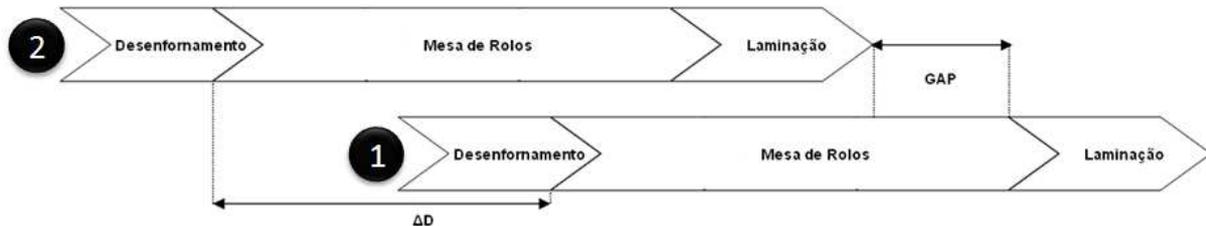


Figura 2. Sequência de peças desenfundadas e laminadas.

O que se deseja é determinar o valor de ΔD (intervalo entre duas peças desenfundadas consecutivamente) para que o valor de GAP seja conforme uma referência desejada. Esse valor é responsável pela cadência de barras no laminador. O valor de ΔD é dado por:

$$\Delta D = (\Delta t_{MR} + \Delta t_L + \text{GAP}) - (\Delta t_D + \Delta t_{MR})$$

$$\Delta D = \Delta t_L + \text{GAP} - \Delta t_D$$

Para que a equação acima ocorra corretamente, é premissa que os ciclos sejam repetitivos. O que acontece é que esses ciclos variam de acordo com desgaste de peças e outras variáveis. O controle do gap, portanto, deve ser adaptativo a novas situações. Assim, calculou-se um valor médio⁽³⁾ de ΔD ($\overline{\Delta D}$) pode ser dado por:

$$\overline{\Delta D} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta t_{Li} + \text{GAP}_i - \Delta t_{Di}}{n}$$

O valor de n foi quantificado de maneira a impedir grandes oscilações advindas de ruído e de modo que o efeito das medições mais recentes fosse significativo. O valor de ΔD calculado barra a barra é comparado com $\overline{\Delta D}$. Se o valor de ΔD for menor que $\overline{\Delta D}$ (situação de risco por provável gap curto), desenforna-se usando a média. Se for maior, usa-se o valor calculado.

O valor médio $\overline{\Delta D}$ é recalculado sempre que é verificada alguma anomalia (quando o valor de ΔD for grande demais ou pequeno demais dentro de uma faixa de tolerância). Isso garante constante adaptação ao processo e a faixa de segurança impede grandes variações.

O ciclo do desenfundamento, por sua vez, pode ser mapeado em três subprocessos distintos: ciclo da soleira, ciclo do *kick-off* e desenfundamento. O ciclo da soleira possui um tempo de execução que pode ser ajustado regulando-se as velocidades de movimentação, mas existe um limite. O ciclo do *kick-off* tem duração praticamente fixa, mas depende do ciclo da soleira (o *kick-off* só inicia o ciclo quando o ciclo da soleira termina). O desenfundamento consiste em partir a mesa de rolos que leva a peça para fora do forno. Esses processos internos ao desenfundamento são detalhados na Figura 3.

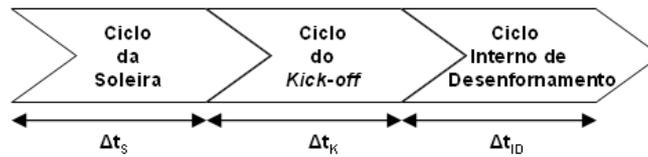


Figura 3. Processo de desenformamento detalhado.

O ciclo da soleira é controlado pelo forno. Pode-se chamar assincronamente o ciclo do *kick-off* sempre que houver necessidade, mas é necessário que o ciclo de soleira já tenha sido concluído. Para o controle de gap, em determinados produtos cuja vazão é muito grande, o ciclo de soleira é o recurso gargalo. Assim, mesmo que se deseje partir o *kick-off* em intervalos curtos, é necessário esperar a soleira acabar sua movimentação. O ciclo interno de desenformamento é um intervalo de tempo entre o depósito da peça na mesa de rolos e o comando partir mesa de rolos. Esse valor tem um limite máximo para evitar desgaste dos rolos por superaquecimento.

O controle de desenformamento é feito com base no instante de tempo no qual se deseja que tenha fim o Ciclo Interno de Desenformamento. A partir de um valor T , é dado o comando para desenformar uma peça no instante $T - \Delta t_{ID}$, sendo que o *kick-off* deve partir no instante $T - \Delta t_{ID} - \Delta t_K$.

Feito o mapeamento do processo, foi usado o Diagrama de Ishikawa para levantar as principais causas dos principais problemas encontrados no controle de gap. Esses dados são apresentados na Tabela 1:

Tabela 1. Causas dos problemas encontrados

Problema	Causas Principais
Variação no tempo de laminação (Δt_L)	- Oscilações no sinal de presença de barra
Variação no cálculo do gap	- Erro de modelagem do problema
	- Erros de medição
	- Baixa confiabilidade dos dados de entrada
	- Limitações no ciclo da soleira
	- Variação do tempo de ciclo da mesa de rolos (Δt_{MR})
Variação no Ciclo Interno de Desenformamento (Δt_{ID})	- Erro de modelagem do problema

Para cada uma das causas levantadas foram buscadas novas causas até que se chegou nas causas fundamentais das variações encontradas. A partir daí, foram feitas alterações no sensoriamento que garantiram maior confiabilidade dos dados, além de implementação do modelo descrito anteriormente que utiliza um filtro para grandes variações de medida. O aumento da velocidade da soleira também foi feito a fim de garantir maior integração entre os sub-processos.

3 RESULTADOS

As alterações feitas eliminaram a ocorrência de gap curto que ocasiona perda de barra. A Figura 4 mostra esse resultado.

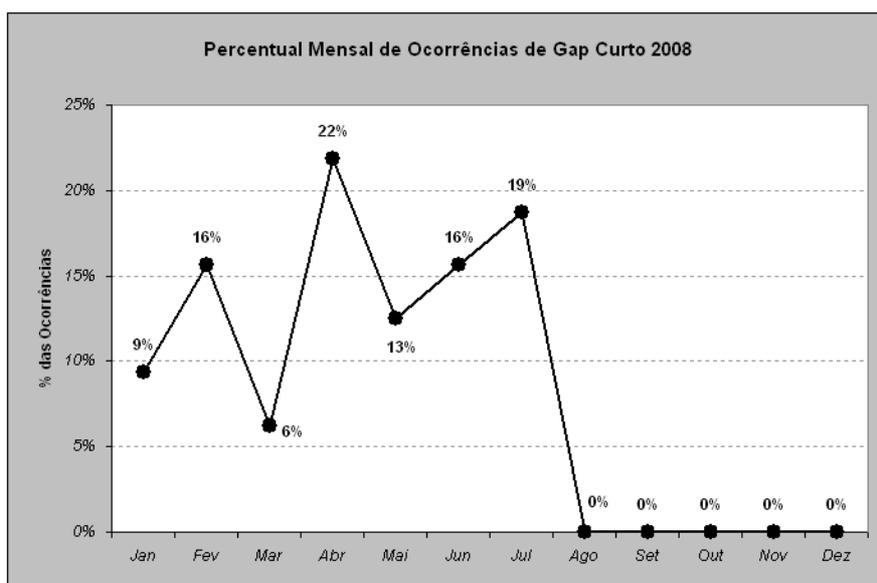


Figura 4. Melhoria observada com a implantação do projeto.

Pela Figura 4, observa-se que a partir do mês de agosto não houve mais ocorrências de gap curto. Isso mostra a eficácia das ações tomadas.

4 DISCUSSÃO

A integração de processos independentes em processos contínuos se torna complicada quando não se podem formar estoques intermediários. Nessa situação, qualquer variabilidade no tempo de conclusão de um dos processos pode ocasionar perdas significativas de produtividade global. Além disso, no caso específico do Laminador 2 de Piracicaba, a variabilidade ocasionava perdas metálicas que impactam diretamente no custo da laminação de barras. A modelagem do problema usando o mapa de processo, explicitando-se as variáveis de atuação, permitiu uma atuação pontual que trouxe resultados muito satisfatórios.

A variação devido a erro de medidas pode ser reduzida pela utilização de uma média simples que “ameniza” o efeito de pontos anômalos. Considerando que os processos podem ser simulados por distribuições de probabilidade normal, a média é um ótimo representante do caso típico. Assim sendo, o tempo total do processo de desenformamento até o consumo do tarugo pelo laminador, foi ligeiramente penalizado para mais. Mas ainda assim, a ausência de perdas metálicas trouxe ganhos significativos.

5 CONCLUSÃO

O ritmo de laminação é um indicador que está diretamente relacionado à produtividade de um laminador: ritmo lento penaliza a utilização e ritmo rápido trazem perdas metálicas significativas ao processo.

A modelagem do sistema de desenformamento, levando em conta as velocidades de laminação e sinais físicos, trouxe um grande ganho para o processo tornando-o mais protegido de ruídos e interferências externas. A simplicidade da solução proposta facilita ainda a manutenção do sistema mantendo o custo para a empresa competitivo.

REFERÊNCIAS

- 1 PEREZ-WILSON, M. *Seis Sigma: compreendendo o conceito, as implicações e os desafios*. Tradução Bazan Tecnologia e Lingüística. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 1999.
- 2 WERKEMA, M. C. C. *Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos*. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.
- 3 DIAS, A. H. F.; BARBOSA, A. A.; GONÇALVES, C. R.; MENDONÇA, F. J.; RODRIGUES, H. C.; SILVA, I. V.; MIRANDA, L. L.; OLIVEIRA, V. A. Aumento da produtividade na laminação de tiras a quente da Acesita. In: 42º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 25 a 28 de outubro de 2005. Santos – SP – Brasil.