

ANÁLISE DO IMPACTO DO USO DA TECNOLOGIA DE CILINDROS ENCAMISADOS NA PERFORMANCE DE UM LAMINADOR DE LONGOS¹

*Luis Augusto de Arruda Penteado²
Aparecido Osmair Bombo³
Altair June Bottani⁴
Jochen Made⁵*

Resumo

O objetivo deste trabalho é apresentar todo o processo de desenvolvimento da aplicação da tecnologia do uso de cilindros encamisados, no laminador da Belgo-Piracicaba, e os resultados operacionais de performance e de qualidade com ele alcançados. Foram analisados todos os conceitos de projeto de cilindros encamisados encontrados no mercado, considerando valores de investimento e custos operacionais de cada solução. Uma vez definida a solução técnica, foi desenvolvida toda uma engenharia de melhoria das instalações do laminador e das gaiolas, onde os cilindros seriam aplicados, de modo a garantir a boa performance desse novo material. Após o start-up do sistema, foram realizadas as análises de performance operacionais (sucatas, paradas e custos) e de qualidade (peso linear da barra). A aplicação dessa tecnologia propiciou uma redução significativa de sucatas operacionais na linha de produção, como também um estreitamento na dispersão (desvio padrão) das massas lineares das bitolas 6.3mm, 8.0mm e 10mm, que é justamente a característica de qualidade mais valorizada pelo mercado da construção civil.

Palavras-chave: Cilindro; Encamisado; Vergalhão; Slit.

¹ *Contribuição Técnica ao 42º Seminário de Laminação Processos e Produtos Laminados e Revestidos; 25 a 28 de Outubro de 2005, Santos, SP, Brasil.*

² *Chefe do Departamento Técnico da Laminação da Belgo Piracicaba*

³ *Supervisor de Oficina de Cilindros da Belgo Piracicaba*

⁴ *Técnico de Processos Sênior da Laminação da Belgo Piracicaba*

⁵ *Diretor de Vendas & Marketing da KARK GmbH*

1 INTRODUÇÃO

Na última década, as engenharias de processos, envolvidas com processos de laminações de longos, iniciou, juntamente com fornecedores, um grande movimento para buscar novas tecnologias de materiais que apresentassem alta resistência ao desgaste e alta resistência a fadigas térmicas. Esses materiais seriam aplicados a insertos, guias estáticas, roletes de guias e cilindros, ou seja, as peças que estão em contato direto com a barra em processo. Tal desenvolvimento objetivava não só uma redução do custo específico desses materiais como também enfatizava a estabilização do processo produtivo, conseguindo, assim, uma maior continuidade operacional, qualidade do produto e redução da probabilidade de acidentes com operadores e equipamentos.

No caso específico dos cilindros de laminação, a aplicação da tecnologia de cilindros encamisados com anéis de metal duro em trens intermediários vem sendo, ano a ano, cada vez mais disseminada em laminadores de longos.

O objetivo deste trabalho é apresentar todo o processo de desenvolvimento da aplicação dessa nova tecnologia no laminador de Belgo-Piracicaba e os resultados operacionais e de performance alcançados.

2 DESENVOLVIMENTO

O laminador TL1 da Belgo-Piracicaba é um laminador dedicado à produção de vergalhões e barras lisas destinadas ao mercado da construção civil. É um laminador composto por um forno empurrador de 80ton/h, um trem desbastador de 7 gaiolas, sendo as 3 primeiras de 550mm e as 4 demais de 485mm, um trem intermediário de 350mm de 6 gaiolas, dois blocos NTM de 8 passes, sistema thermex, para tratamento térmico de barras e um leito de resfriamento de 66m de comprimento. Esse laminador, nas bitolas iguais ou menores que 16mm, utiliza-se do processo slit, para aumentar a produtividade de tais bitolas. O laminador produz vergalhões de 6,3mm a 32mm, sempre em leito de resfriamento.

LAY-OUT DO LAMINADOR

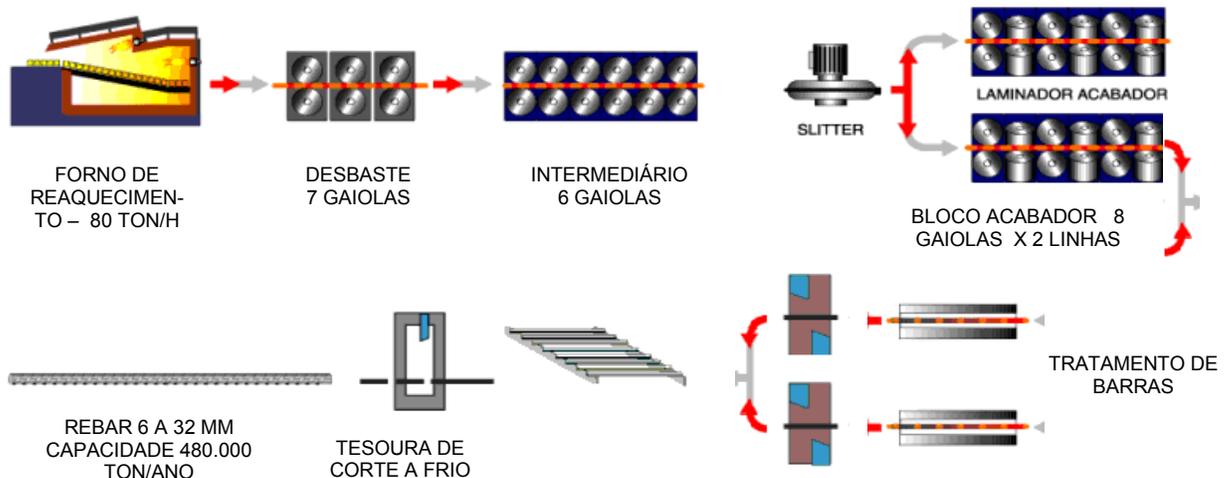


Figura 1. Esquema do lay-out do laminador TL1 da usina da Belgo em Piracicaba.

O processo de laminação slit foi desenvolvido nos anos 70, com o objetivo de aumentar a produtividade em laminadores de barras dedicadas à construção civil, sem, com isso, demandar grandes mudanças de lay-out ou investimentos. Nesses laminadores, normalmente se operava com leito de resfriamento do tipo canaleta de frenagem, onde as velocidades máximas alcançadas giravam em torno de 12 a 14m/s. Em tais condições operacionais, variabilidades de processo oriundas de desgaste dos canais de laminação, levavam a variações de velocidade da barra acabada entre os veios, como também à variação da massa linear do produto. Isso, porém, não era tão danoso ao processo porque, na época, além da baixa velocidade, a automação era menos complexa e o mercado menos rigoroso com a característica do peso linear das barras.

Com o desenvolvimento de sistemas HSD (High Speed Delivery) para leitos de resfriamento, começaram-se a operar os laminadores, produzindo-se barras com até 35m/s. Surgiu, assim, uma nova configuração típica de laminadores de vergalhões, que é a do laminador com veio único, perfazendo um duplo slit no trem intermediário, sendo que, então, cada veio vai para um bloco acabador, de onde a barra acabada vai para o leito.

A configuração básica da calibração 2 slit do laminador está apresentada na Figura 2.

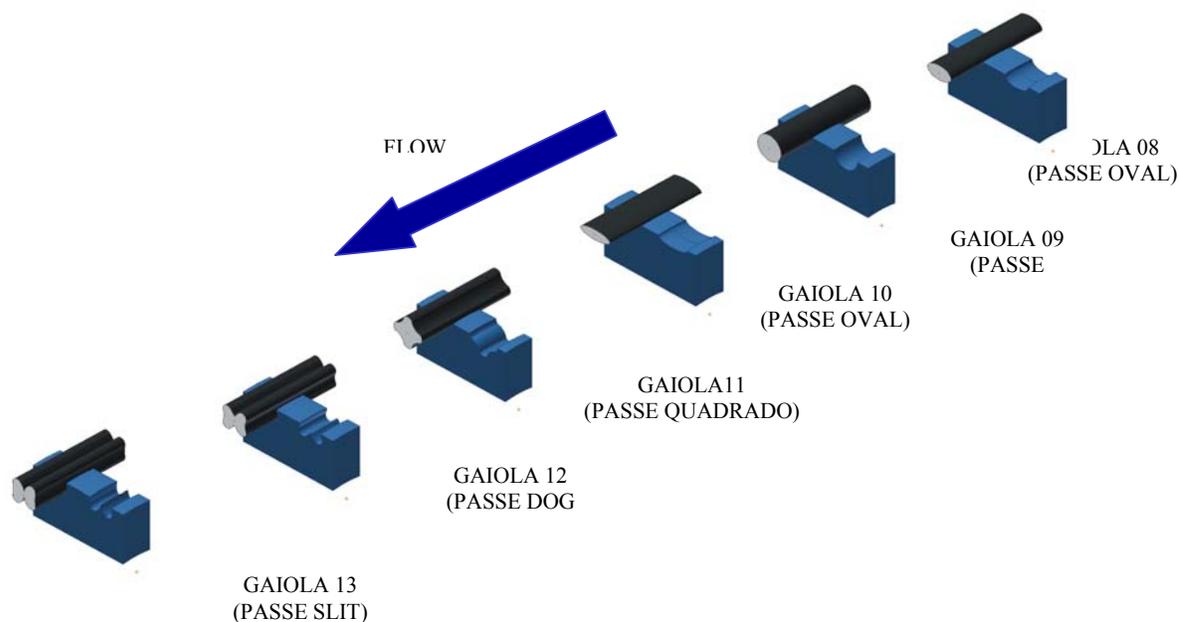


Figura 2. Representação esquemática da seqüência de passes do trem intermediário.

Nessa configuração do processo de calibração, os passes que se mostram mais críticos para a continuidade do processo eram justamente os passes 11 (quadrado flutagon) e 12 (dog-bone), pois os desgastes oriundos do processo de laminação ali localizados, desdobravam-se nos seguintes problemas:

- Sucatas, entre gaiolas 11 e 12, por erro na torção do quadrado, decorrentes de desgaste no canal;

- Sucatas, entre gaiolas 12 e 13, por **barra torcer** na saída da gaiola 12, em decorrência de desgaste do canal;
- Sucatas dentro dos blocos acabadores, em decorrência da variabilidade da massa linear após o passe slit;
- Variabilidade do peso linear do produto acabado.

2.1 Avaliação dos Sistemas de Cilindros Encamisados

Durante o processo de análise técnica da solução a ser adotada, foram estudados os seguintes conceitos de aplicação do metal duro em trens intermediários: cilindro integral, em que os anéis de metal duro são fundidos junto a uma matriz de ferro fundido; cilindros encamisados com anéis montados com chavetas para garantia da transmissão do torque (transmissão radial do torque); cilindros encamisados com anéis montados sem chavetas e com travamento mecânico lateral (transmissão axial do torque). Os três tipos apresentados podem ser vistos nas figuras abaixo.

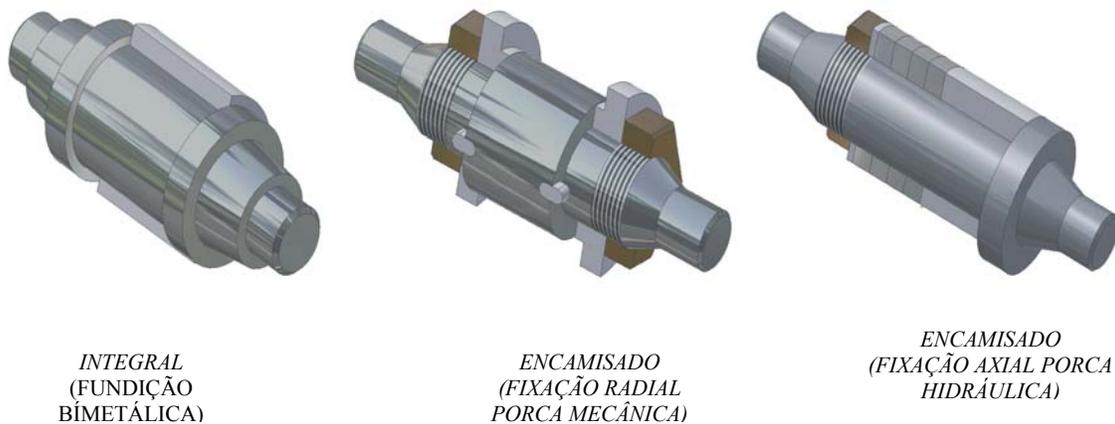


Figura 3. Apresentação dos tipos de soluções em cilindros encamisados.

Para melhor avaliar os prós e os contras de cada solução, na visão do grupo de engenheiros envolvidos no projeto, desenvolveu-se a tabela para análise dos sistemas.

Tabela 1. Quadro comparativo das soluções em cilindros encamisados.

ÍTEM	INTEGRAL	ENCAMISADO COM CHAVETA (TRANS. RADIAL)	ENCAMISADO SEM CHAVETA (TRANS. AXIAL)
Garantia operacional da gaiola	MÉDIA		
Garantia operacional do cilindro	MUITO ALTA	BOA	MUITO ALTA
Custo de um possível acidente operacional	MUITO ALTO	ALTO	MÉDIO
Fornecedores em potencial para os anéis de metal duro	ÚNICO	POUCOS	MUITOS
Custos de manutenção	1	8	10
Preço por canal (proporcional)	10	8	6

Após a realização das análises e de diversas visitas técnicas para conhecer os sistemas em operação, a Engenharia de Processo da Belgo-Piracicaba decidiu pela escolha do sistema com travamento mecânico axial. A especificação do metal duro utilizado no encamisamento está apresentada abaixo.

Composition	70% WC 30% Co +0,2
Sintered grain sizes:	medium
Prime uses:	low wear High impact
PHYSICAL AND METALURGICAL PROPERTIES	
Density g/cm ³	12,70
Magnetic saturation:	500 - 600
Coercivity Oe	30 - 50
Thermal expansion	6,8
Poisson's ratio:	0,24
Hardness HV 10:	750
Hardness HRA:	83,2
Compressive strength:	2800
Young's Modulus:	450
Fracture toughness:	29,3

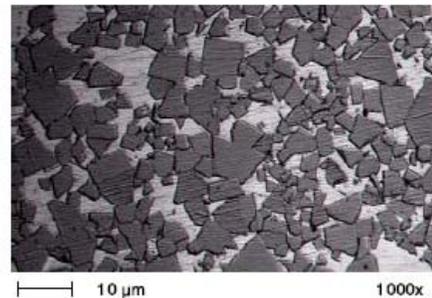
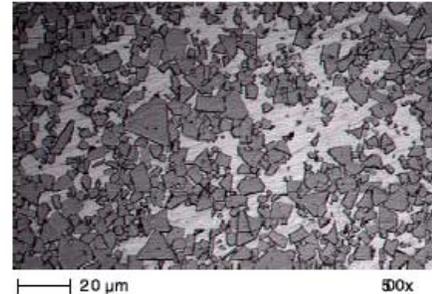


Figura 4. Dados físicos e micro-estrutura do metal duro utilizados.

2.2 Start-up dos Sistema e Performance do Cilindro Encamisado

Como preparação para o start-up do sistema, foi realizada uma engenharia para modificação do sistema de refrigeração das gaiolas que usariam o cilindro encamisado. Novas tubulações foram projetadas e instaladas para propiciar uma vazão de 50m³/h para cada gaiola, a uma pressão de 3,5bars. Também foi desenvolvida uma lógica de intertravamento no supervisório do laminador TL1, de modo que, em caso de uma eventual redução de pressão da água de refrigeração, para menos de 2,5bars, o supervisório bloqueasse o desenformamento de tarugos.

Com a entrada em operação dos cilindros encamisados, uma imediata melhora na performance de produtividade e de qualidade foi observada. Os principais fatores para tal foram:

- ✓ a drástica redução do desgaste (perda de forma) dos canais que foram a níveis imperceptíveis, estabilizando, com isso, o processo produtivo nas gaiolas 11 (quadrado flutagon) e 12 (dog bone), conforme abaixo;

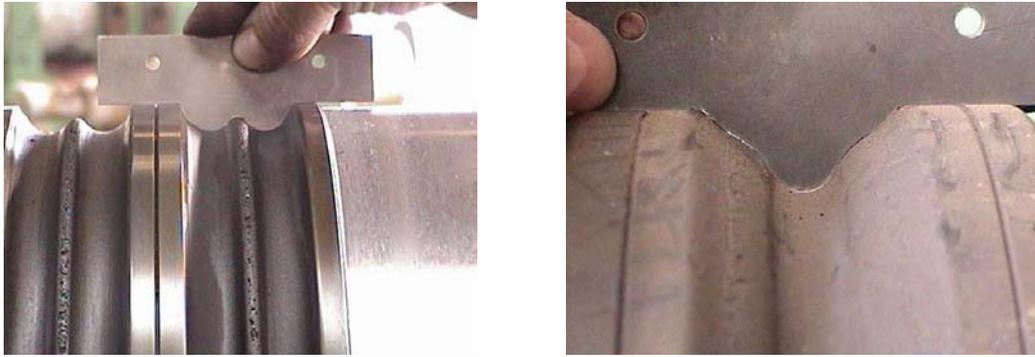


Figura 5. Canais dog-bone e quadrado flutagon após 12000 toneladas de produção.

- ✓ a redução da necessidade da intervenção do operador no processo para compensar os desgastes, através de ajustes;
- ✓ a redução de acidentes operacionais (sucatas) dentro dos blocos acabadores, por passarem a receber uma barra com muito menor variabilidade dimensional;
- ✓ Aumento de vida útil das guias dos rolos em decorrência da manutenção da forma da barra.

Em decorrência dessa maior estabilidade do processo, a produtividade e a qualidade das bitolas 6.3, 8 e 10mm, que correspondem a 65~70% do mix de produção do laminador TL1, tiveram melhoras de performance, apresentadas no gráfico da Figura 6.

É importante destacar que os dados analisados e apresentados correspondem a um período comparativo de 3 meses antes do start-up até 3 meses depois do start-up. A análise foi fechada neste período, para não haver ruídos ou interferência de outras frentes como, por exemplo, outras melhorias de equipamentos, evolução da capacidade do operador, alteração de especificação de produtos entre outros.

O gráfico a seguir apresenta o nível de redução de sucata, a partir da gaiola 11, onde operava a primeira gaiola com cilindro encamisado. As barras indicam o número de tarugos laminados entre as ocorrências de sucata.

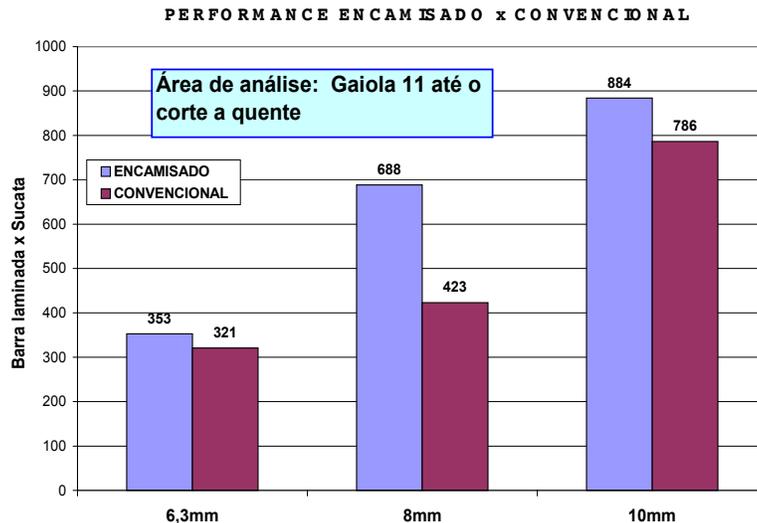


Figura 6. Análise do índice de barras laminadas entre sucatas

O gráfico da Figura 7 apresenta o impacto nos volumes produzidos, que essa redução de sucatas propiciou, como também o impacto na taxa de utilização do laminador.

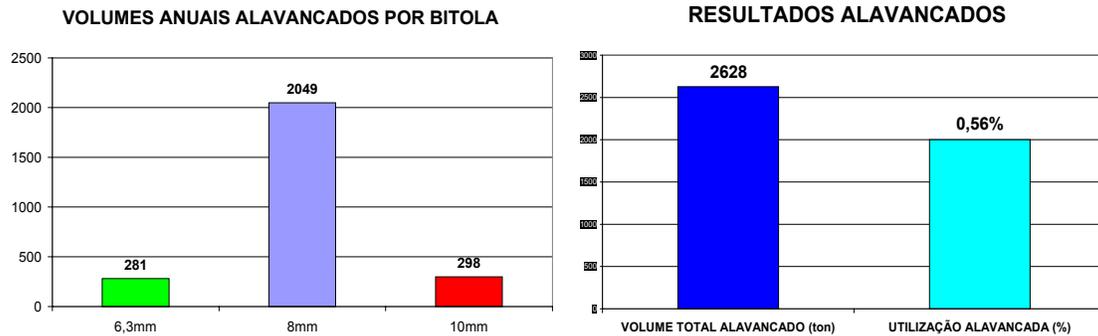


Figura 7. Impacto da nova performance nos volumes produzidos e utilização do laminador.



Figura 8. Cilindro encamisado montado e pronto para usar os canais.

É importante e significativo destacar que a redução da taxa de sucata impacta na redução da exposição do operador ao risco, pois a atividade de retirada de sucata de linha do laminador para retomada da produção é sempre uma atividade perigosa.

Quanto à qualidade do produto, obteve-se o estreitamento da faixa de variabilidade do peso linear, que é, exatamente, a característica de qualidade mais valorizada pelo mercado da construção civil. Os gráficos apresentam a redução da dispersão do peso linear dos produtos.

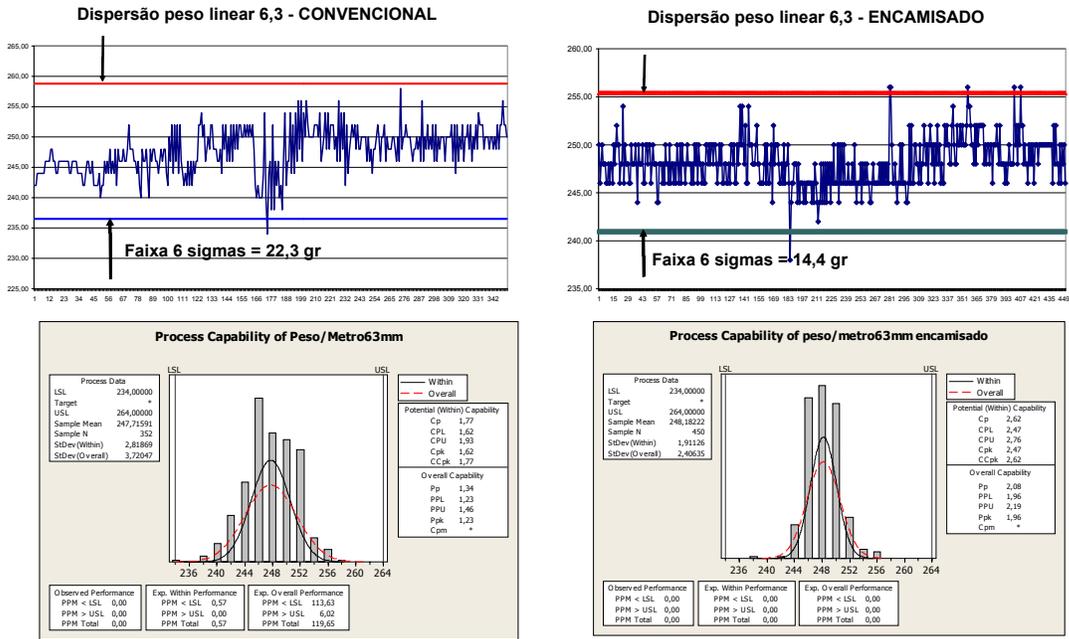


Figura 9. Dispersão do peso linear da bitola 6,3mm. Peso nominal 245gr/m.

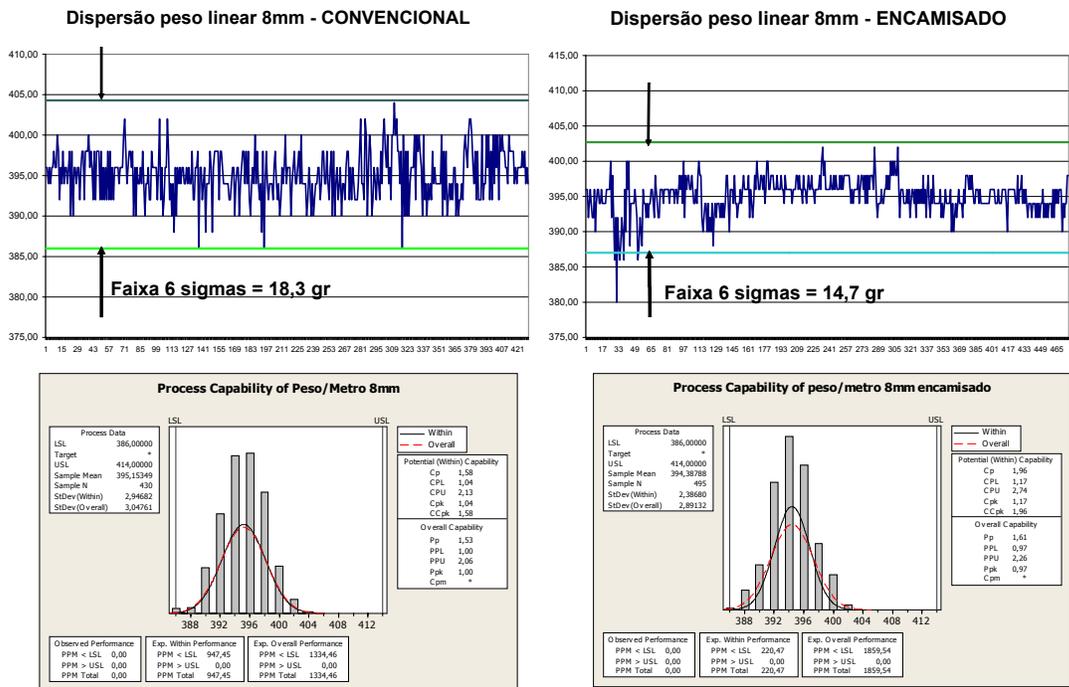


Figura 10. Dispersão do peso linear da bitola 8.0mm. Peso nominal 395gr/m.

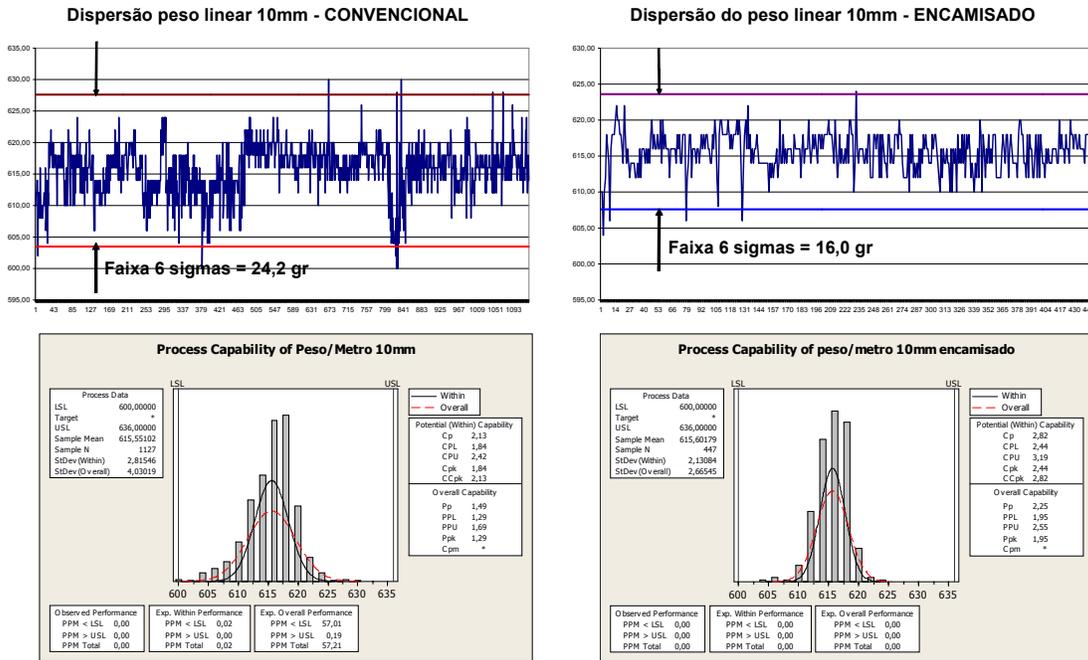


Figura 11. Dispersão do peso linear da bitola 10mm. Peso nominal 617gr/m.

2.2.1 A performance do cilindro.

Através do baixo desgaste dos canais está a performance do cilindro que é medida em toneladas laminadas por milímetro de recalibração. Os gráficos seguintes mostram este índice, comparando o cilindro encamisado com o cilindro convencional, em duas campanhas seqüentes.

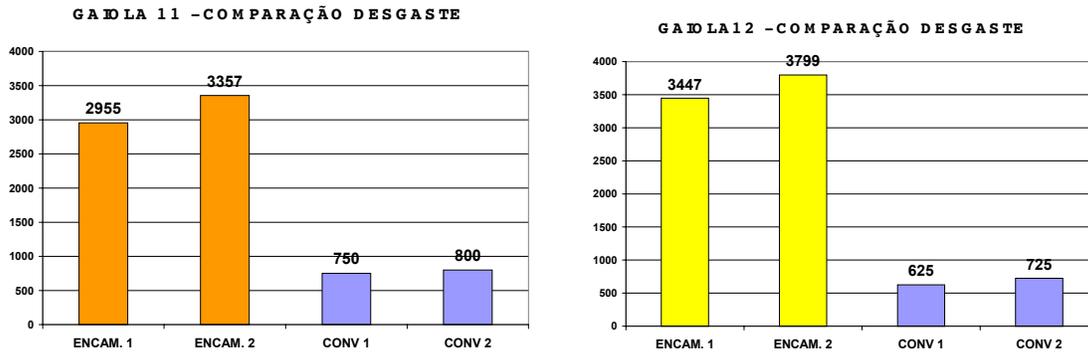


Figura 12. Comparação de desgaste entre cilindros encamisados e convencionais.

3 CONCLUSÃO

A escolha do sistema de cilindros encamisados está muito relacionada com a confiabilidade mecânica do cilindro e da gaiola onde será utilizado, pois a falha em qualquer um dos dois, provavelmente provocará danos irreparáveis ao cilindro encamisado.

A implantação dos cilindros encamisados nas gaiolas 12 e 13 do trem laminador de Piracicaba propiciou uma significativa melhoria da performance do processo. Houve uma redução da taxa de sucata no trem intermediário e bloco

acabador, com um conseqüente aumento da utilização do laminador e de volumes produzidos. Como ganhos adicionais, menos tangíveis, porém de alta significância para o negócio, podemos citar:

- redução da variabilidade do peso linear, que é a característica de qualidade mais valorizada pelo cliente;

- redução de exposição de operadores ao risco de acidentes e incidentes, pela redução da taxa de sucatas, como também pela redução da necessidade de intervenções no trem laminador.

BIBLIOGRAFIA

- 1 CARDOZO, Paulo Roberto. Rebar Manufacturing with High Performance. Proceedings Morgan Symposium 2005.
- 2 KARK Data Sheets for Tungsten Carbide Grades.
- 3 WERKEMA, Maria Cristina. Ferramentas Estatísticas Básicas Para o Gerenciamento de Processos. Editora QFCO.

IMPACT ANALYSIS FOR COMPOSITE ROLL TECHNOLOGY APPLICATION IN THE PRODUCTION OF LONG BARS¹

*Luis Augusto de Arruda Penteado²
Aparecido Osmair Bombo³
Altair June Bottani⁴
Jochen Madel⁵*

Abstract

The goal of this paper is to present the development process of choosing a composite rolls' technology applied at Belgo-Arcelor Piracicaba's Plant, as well the impact that it had in the rolling mill performance and bars quality. It was analysed all the design concepts of composite roll that is offered in the market, considering amount of investments and operational costs of each solution. After the star-up, performances analysis were developed in order to check the impact of it in cobble rate, down-time, costs and quality. The application of this technology had a strong and positive impact in all these issues, mainly in the quality, where the linear weight, the most important quality characteristic for our customers, had its statistic dispersion decreased.

Key words: Roll; Composite; Rebar; Slit.

¹ Paper presented at 42th Rolling Processes, Rolled and Coated Products Seminar of ABM; Santos, SP, October 25 to 26, 2005.

² Chief of Technical Department Belgo Piracicaba Plant

³ 2. Supervisor of Roll and Guide Shop Belgo Piracicaba Plant

⁴ 3. Process Technician Senior Belgo Piracicaba Plant

⁵ 4. Sales & Marketing Director KARK GmbH