

## REDUÇÃO DO CONSUMO DE CILINDROS DE TRABALHO DO LAMINADOR DE TIRAS A FRIO #3 DA CSN\*

Leandro Braga Portes<sup>1</sup>  
Antonio Leonardo Santos<sup>2</sup>  
Hugo Shokychi Toshimitsu<sup>3</sup>  
Flavio Teixeira Leaf<sup>4</sup>

### Resumo

O gasto com consumo de cilindros de laminação corresponde ao maior Insumo do Laminador de Tiras a Frio #3 da CSN, tendo a maior representatividade dentro do custo de transformação de uma bobina Full Hard, logo sendo ele de costume uma das variáveis mais trabalhadas no laminador. Por existir muitas variáveis de processo que influenciam o consumo de cilindros, o desafio é sempre grande. O desenvolvimento do trabalho teve foco em Práticas Operacionais com envolvimento do Planejamento e Programação da produção, Revisão do Padrão de Desbaste dos Cilindros e Mudança do Perfil das Bordas dos Cilindros de Encosto que tem influência direta nos Cilindros de Trabalho. Com o uso da metodologia Seis Sigma, reduzimos o consumo de cilindros e consequentemente reduzindo o custo de transformação e firmando a melhoria contínua no processo.

**Palavras-chave:** Consumo de Cilindro, Laminador de Tiras a Frio e Melhoria Contínua.

### REDUCTION OF ROLL CONSUMPTION OF THE CSN'S TANDEM COLD MILL #3

#### Abstract

The expense with Roll consumption corresponds to the highest input of the CSN's Tandem Cold Mill # 3, with the largest representation in the cost of processing a Full Hard coil, which is usually one of the most worked variables in the Mill. Being there many process variables that influence the consumption of Roll, the challenge is always great. With the use of Six Sigma methodology, we reduce the consumption of Rolls and consequently reducing the cost of transformation and establishing the continuous improvement in the process.

**Keywords:** Roll consumption, Tandem Cold Mill and Continuous Improvement.

1. *Engenheiro Mecânico, Engenheiro de Manutenção Sênior, Gerência de Redução a Frio, Companhia Siderúrgica Nacional, Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil.*
2. *Engenheiro Metalúrgico, Engenheiro de Produção Pleno, Gerência de Redução a Frio, Companhia Siderúrgica Nacional, Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil.*
3. *Engenheiro Metalúrgico, Engenheiro Especialista, Gerência de Redução a Frio, Companhia Siderúrgica Nacional, Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil.*
4. *Técnico Mecânica, Técnico de Desenvolvimento, Gerência de Cilindros, Companhia Siderúrgica Nacional, Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil.*

## 1 INTRODUÇÃO

O Laminador de Tiras a Frio #3, instalado na planta da Usina Presidente Vargas em Volta Redonda-RJ, é considerado o maior Laminador Tandem de cinco cadeiras da América Latina. O seu start-up foi em 1982 e teve uma grande reforma em 2011, onde suas principais atualizações foram no Modelo Matemático, novos Drives, novos Cilindros HGC's de Dupla Ação e nova Sala de Recirculação. Durante a curva de aprendizagem desta grande reforma, um dos itens de performance foi a redução do Fora de Bitola, onde vieram consequências como o aumento de trincas dos Cilindros de Trabalho devido aumento de carga e redução de tensão conforme Modelo Novo, apresentado na Figura 1.

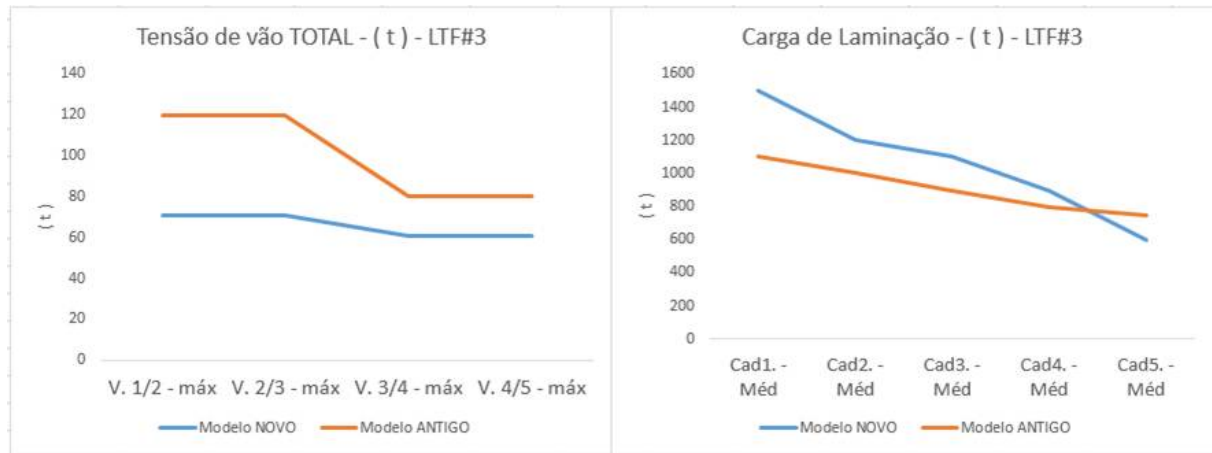


Figura 1. Comparativo entre modelos matemáticos de laminação: Antigo X Novo.

Como o consumo de cilindros é o Insumo de maior peso no custo de transformação de uma bobina Full Hard, onde qualquer ganho por menor que seja tem retorno financeiro significativo, constantemente estudam-se maneiras de reduzir o consumo de cilindros. Como existem várias variáveis de processo que podem influenciar no consumo, foi utilizado a metodologia Seis Sigma para identificar oportunidades de ganhos em consumo de cilindros, podendo assim contribuir com a redução do custo de transformação.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

A primeira fase do trabalho foi identificar as categorias de consumo de cilindro, conforme Figura 2.

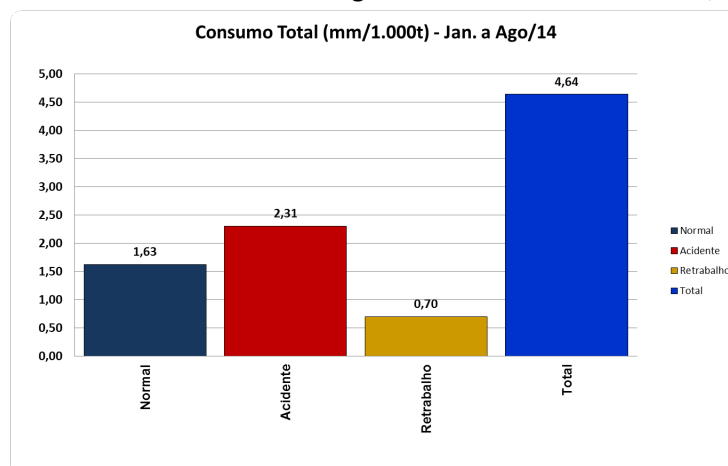


Figura 2. Consumo por Categoria

O Consumo Normal é dado pelas retificações conforme desbaste padrão (por tonelagem ou quilometragem) onde os cilindros são trocados conforme campanha, sendo altamente dependentes da programação do estoque de entrada do Laminador. O Consumo por Acidente é dado por trincas com profundidade maiores que o desbaste padrão. O Consumo por Retrabalho é dado principalmente para igualar o par de cilindro devido a acidentes (quando um dos pares tem a trinca maior que a do outro), por necessidades do Laminador (Mudança de Rugosidade e de Coroa) e por falhas de fabricação (Marca de Espiral, Marca de Batida, Oxidação, etc.) representadas pela Figura 3.

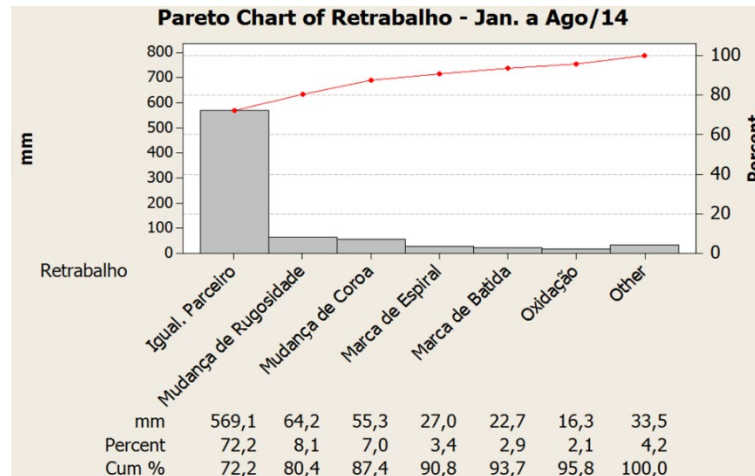


Figura 3. Pareto do Consumo por Retrabalho

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Consumo Normal

##### 3.1.1 Otimização do Ciclete

Para o consumo normal foi priorizado juntamente ao departamento de programação o aumento do tamanho dos cicletes para se evitar aberturas do laminador, assim economizando em trocas programadas e utilizando melhor os cilindros de trabalho. Para isso o laminador teve que aumentar sua flexibilização de programação, ou seja, permitindo que diferentes materiais pudessem ser agrupados, estas customizações são permitidas após diferentes formas de processo. O aumento do ciclete de laminação e o número de aberturas após estas ações é dado abaixo:

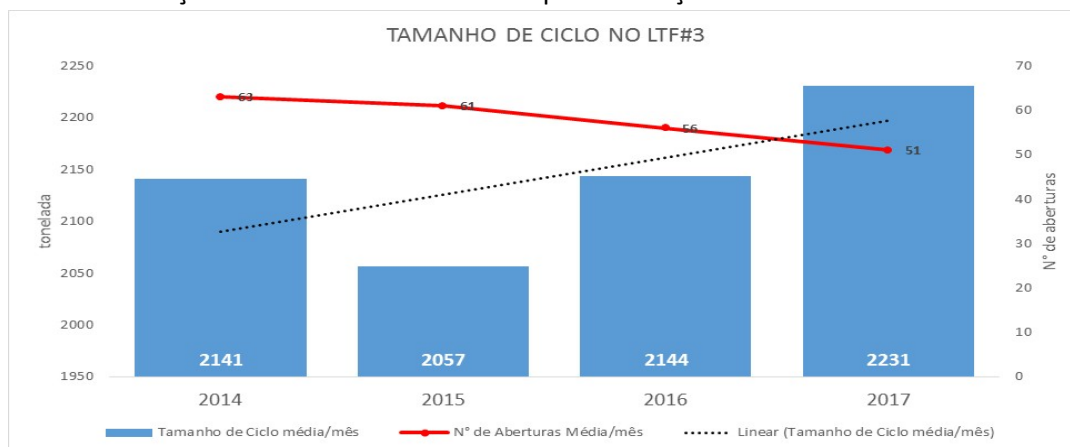


Figura 4. Número de aberturas e tamanho de cicletes.

##### 3.1.2 Revisão do Desbaste Padrão

Após observações do uso da tabela de desgaste pelos Retificadores, verificamos que eles utilizavam o valor máximo permitido de desgaste da tabela, afim de evitar um possível retrabalho por não ter sido retirada a “camada encruada”. Foi feito testes em um lote de 161 cilindros onde a porcentagem de desgaste necessária era muito menor ao se comparar com o que era praticado pelos Retificadores e sem ter retrabalho, ou seja, as trincas foram eliminadas e não seria necessário retificar novamente o cilindro. Após estes testes, revisamos a tabela de desgaste e com isso reduzimos em até 33% o desgaste dos cilindros, conforme Fig. 5.

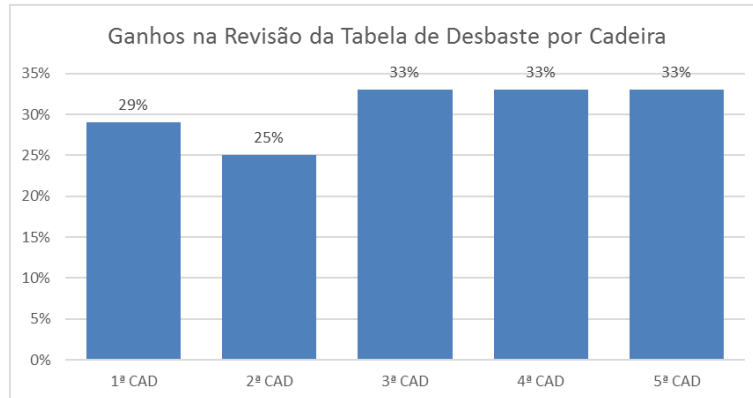


Figura 5. Ganhos após Revisão da Tabela de Desgaste

### 3.2 Acidente

#### 3.2.1 Vergão e Falha de Refrigeração

Dentro da categoria “Acidente” foi observado um grande consumo devido a trincas mecânicas, após vergões no laminador, arrebentamentos devido a refrigeração deficiente. Os acidentes por vergões foram reduzidos em aproximadamente 25% devido padronização do “cone de cilindro” de trabalho para maior eficiência dos presets no processo de laminação e práticas operacionais.

Outra causa grande de consumo de cilindros foram os arrebentamentos por deficiência de refrigeração. A ação tomada foi um sistema de alarme monitorando a abertura real das válvulas de refrigeração assim como suas pressões de trabalho (conforme Figura 6).

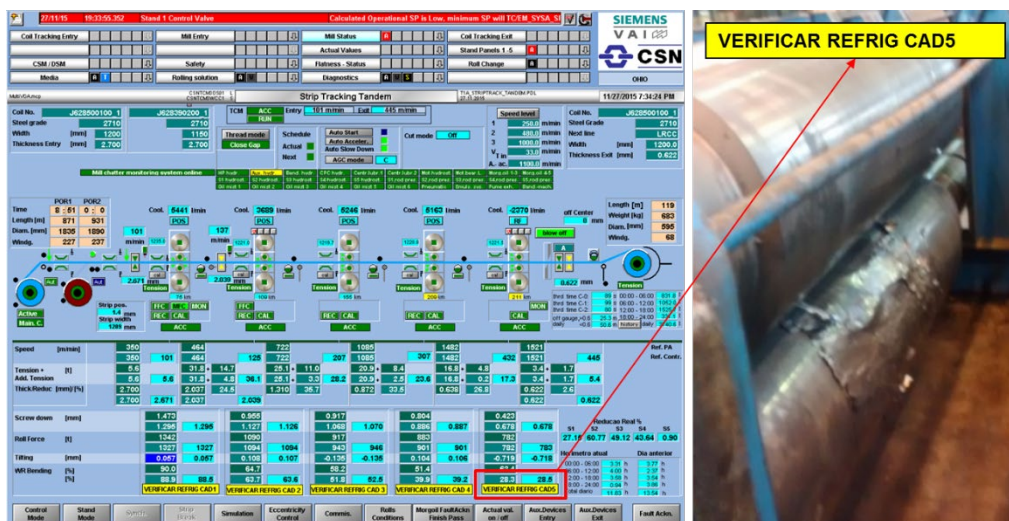


Figura 6. Alarme de Falha de Refrigeração para Alertar Operador.

Também observamos que no momento do descarregamento da tira da 1° cadeira de laminação, a força de laminação encontrava-se muito alta. Com esta força excessiva, no exato momento em que a tira desencaixava da 1° cadeira, tínhamos um impacto grande entre os dois cilindros de trabalho, situação que era propícia para a geração de trincas mecânicas. Foi feita uma melhoria no alívio da força da 1° cadeira, momento antes do descarregamento da 1° cadeira, conforme figura 7.



Figura 7. Alívio de força da 1° cadeira de laminação.

### 3.2.2 Elevado Consumo de Cilindros de Trabalho nas Bordas

Estratificando as trincas mecânicas por distâncias das trincas até as bordas, foi observado uma grande concentração na faixa de 0 a 100mm, conforme Figura 8.

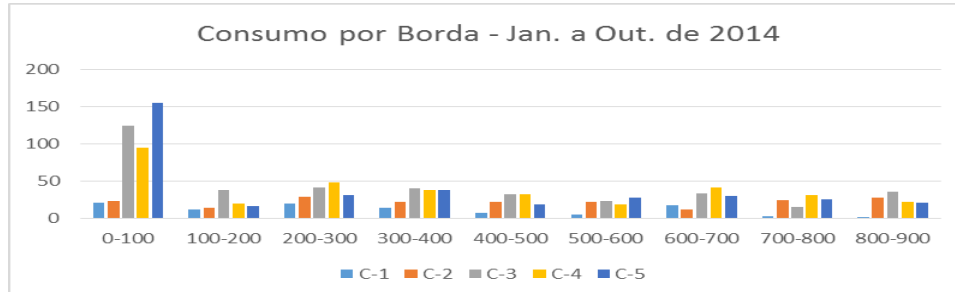


Figura8. Consumo de Cilindros por Borda.

Analisando o perfil dos cilindros de encosto foi observado que o padrão de retificação era conforme a Figura 9abaixo classificado como Stepped, onde há um rebaixo sem caimento na região de 0 a 100mm. Este rebaixo é um provável concentrador de tensão onde por esforço poderia ser o ponto principal de nascimento desta trinca.

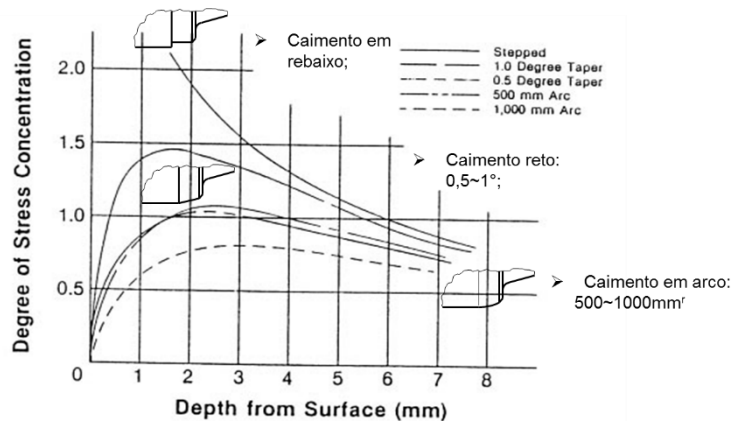


Figura9. Concentração de Tensão x Tipo de Caimento

Após a troca da forma de acabamento deste cilindro, trocando de Stepped para Taper, onde há o adoçamento deste rebaixo podemos observar uma melhora considerável no consumo de trinças mecânicas nesta mesma região, quando estratificada por distância, conforme Figura 10.

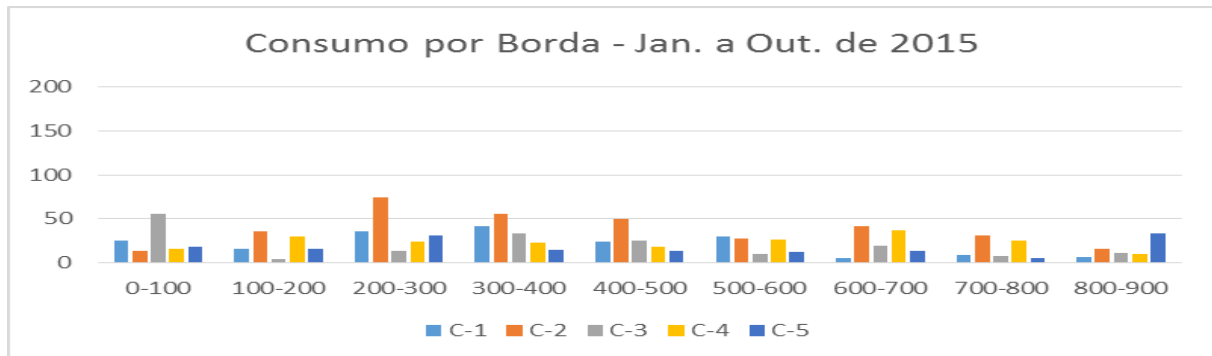


Figura 10. Após troca de acabamento da borda do cilindro de encosto – TAPER.

### 3.3. Retrabalho

A categoria Igualando Parceiro é a maior consumidora de cilindro dentro do retrabalho. Ela é determinada quando temos que desbastar um cilindro bom, simplesmente quando precisamos igualar os diâmetros entre os cilindros: topo ou baixo. Isto acontece somente quando um sofre uma trinca maior que o outro.

Por padrão a diferença entre parceiros trabalhadas era de 0,2mm em todas as cadeiras. Após testes práticos no Laminador com acompanhamento e análises verificamos que o aumento na diferença para 0,3mm não surtia efeito sobre as dificuldades de encaixe no laminador e arranhado. Trazendo benefícios como a redução do lead time de preparação dos cilindros e redução no consumo do mesmo. Esta redução pode ser acompanhada conforme figura 11.

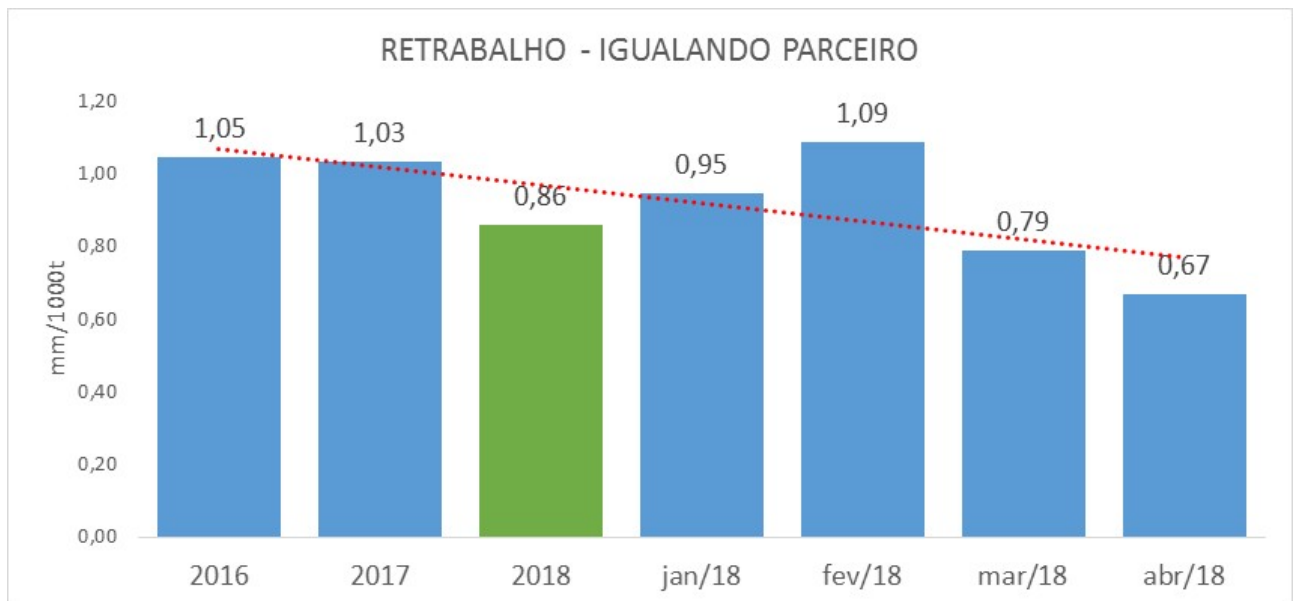


Figura 11 Igualando Parceiro.

#### 4 CONCLUSÃO

O uso da metodologia, com foco inteligente em ações sem custo, nos trouxe grandes resultados financeiros e de melhoria contínua no processo. Consequentemente reduzindo o nosso custo de transformação, nos tornando cada vez mais competitivos. O trabalho resultou em uma redução de 31% no Consumo de Cilindros de Trabalho e 37% no Consumo de Rebolo (vide Figuras 12 e 13), proporcionando uma grande economia para a empresa, além do aumento da moral da equipe devido aos resultados obtidos. É claro que ainda há muito trabalho pela frente pois temos ciência que este ainda não é o melhor número que podemos alcançar. O desafio é grande e o resultado normalmente é obtido a longo prazo, mas se faz necessário a busca da melhoria contínua já que se trata de um item de altíssimo custo.

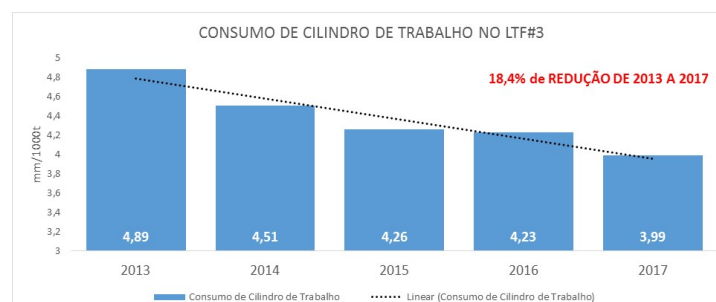


Figura 12. Resultado obtido na redução de Consumo de Cilindros de Trabalho

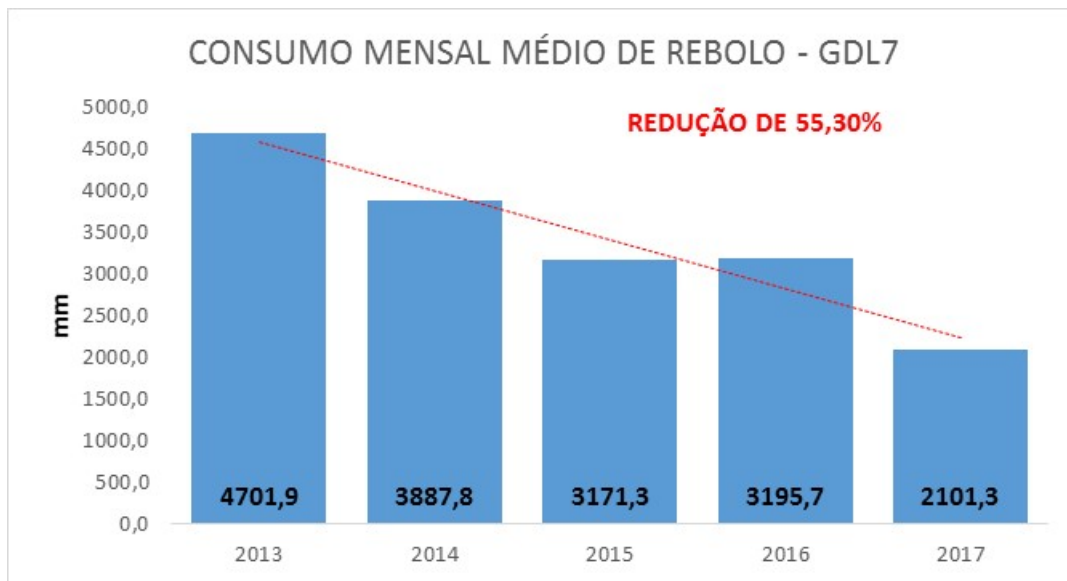


Figura 13. Resultado obtido na redução de Consumo de Rebolos

## 5 AGRADECIMENTOS

Aproveitamos a oportunidade para fazer um agradecimento a CSN-Companhia Siderúrgica Nacional que nos apoiou neste projeto de aprendizado e evolução de ambas as partes.

## 6 REFERÊNCIAS

1. WERKEMA, Maria Cristina C. – Lean 6Sigmas. Criando a Cultura Seis Sigma. 4ª Reimpressão. Editora Werkema
2. CAMPOS, Vicente Falconi. TQC – Controle de Qualidade Total (No estilo Japonês). 6ª Edição. Editora QFCO
3. WERKEMA, Maria Cristina C. – As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos. 6ª Edição. Editora DG
4. ROBERTS, William L. – Cold Rolling of Steel
5. Avaliação prévia da influência do caimento do cilindro de encosto no comportamento de tensões de contato entre os cilindros de apoio e de trabalho do LTF3 – VILLARES ROLLS