

**Análise Comportamental do desgaste em Canais de Laminação em função da Geometria****Behavioral Analysis of wear in Rolling Mills in the function of Geometry**

DOI:10.34117/bjdv6n9-311

Recebimento dos originais: 08/08/2020

Aceitação para publicação: 14/09/2020

**Thiago Monteiro dos Reis**

Graduando em Engenharia Mecânica

Instituição: Universidade de Itaúna – MG

Endereço: Rua Manoel Gonçalves, 595 – Centro. Itaúna/MG

E-mail: thiago21mont@outlook.com

**Mateus Vitor de Souza**

Graduando em Engenharia Mecânica

Instituição: Universidade de Itaúna – MG

Endereço: Rua Luís Ribeiro Filho, 755 – Bairro Itaunense 2. Itaúna/MG

E-mail: mateusvitor10@hotmail.com

**Leonardo Lessa Oliveira**

Graduando em Engenharia Mecânica

Instituição: Universidade de Itaúna – MG

Endereço: Rua Geralda Trindade, 105 – Paulo Camilo. Betim/MG

E-mail: leolessa\_@live.com

**Guilherme Henrique Amaral Almeida**

Graduando em Engenharia Mecânica

Instituição: Universidade de Itaúna – MG

Endereço: Rua Ipiranga, 101 – Bairro Providência. Pará de Minas/MG

E-mail: guiamaral28@gmail.com

**RESUMO**

Este trabalho objetivou estudar e analisar o desgaste de diferentes geometrias de canais em cilindros de laminação a quente, visto que, o problema é um dos principais fatores de parada de produção no setor. Foi observado que existem informações sobre o tema, porém não há dados teóricos que comprovem o comportamento do desgaste dos canais, bem como as características do desgaste de acordo com a sua forma geométrica, ou seja, são apenas dados construídos empiricamente. Extraiu-se o máximo de informações possíveis através de coletas de amostras, tomando como premissa, comparar o peso linear da amostragem recolhida no decorrer do período produtivo, sem que houvesse interferência ou ajuste manual nos parâmetros do processo. A apuração realizada foi de que o comportamento de desgaste dos canais se explica em proporção às geometrias concentradoras de tensão, que após seu desgaste, adquirem uma certa estabilidade à degradação.

**Palavras-chave:** Coleta de amostras, perfil geométrico, cilindro, concentração de tensão.

**ABSTRACT**

This paper aimed to study and analyze the use of different geometries of hot rolling cylinder doors, since the mentioned problem is one of the main factors of production stoppage in the sector. It was observed that there is knowledge about the mentioned subject, but there are no theoretical data that proves the behavior of the wear of the channels, and that the characteristics of the wear according to its geometric form are known, however, they are only empirically constructed data. The aim of this work was also to extract as much information as possible through sample collection, based on the premise of comparing the linear weight of the sample during the productive period, without any interference or manual adjustment in the process parameters. The determination was made that the wear behavior of the channels is explained in proportion to the voltage concentrating geometries, which, after their wear, acquire a certain stability to the degradation.

**Keywords:** Sample collection, geometric profile, roll, tension concentration.

**1 INTRODUÇÃO**

A laminação de perfis de aços longos é um processo de conformação mecânica muito importante na engenharia, e tem influência direta em vários ramos industriais, como por exemplo, a construção civil, ferroviária, dentre outros setores. A laminação consiste na passagem de uma peça (tarugo, como geralmente é conhecida) entre dois cilindros que giram de forma a reduzir a área de uma seção transversal (Cetlin & Helman, 2005). O processo segue uma sequência comum de calibração, classificadas como desbaste, intermediária e acabador (Coda, 2008). A quantidade de reduções (passes) irá variar de acordo com o segmento o qual se é destinado aquele produto conformado e sua complexidade de traços geométricos.

Um dos principais componentes desse setor são as gaiolas ou cadeiras de laminação, nas quais se usa um subcomponente que é o cilindro ou rolo de laminação. Este cilindro geralmente contém diversos canais de diferentes formatos e tamanhos que irão dar a forma geométrica necessária ao material durante o processamento, de acordo com as necessidades e exigências de produção de uma unidade. O desafio enfrentado é que os canais apresentam diferentes comportamentos com relação ao desgaste, nos quais não se tem conhecimento teórico admissível e palpável sobre esse problema crônico que enfrenta o setor siderúrgico, tendo em vista que, a integridade estrutural dos canais está diretamente ligada à qualidade e também ao custo final do produto acabado recebido pelo cliente.

O estudo do desgaste dos canais é de extrema importância para o setor produtivo, tendo como base um problema que atinge diretamente toda a linha de produção e qualidade do produto laminado, causando um enorme prejuízo para empresa devido ao alto custo com ferramental, mão de obra, perda de competitividade de mercado e paradas não programadas na produção.

Este trabalho tem como objetivo mapear, prever e estudar o desgaste dos canais no decorrer do seu processo de utilização, permitindo o domínio e uma melhor leitura de sua longevidade, antecipando possíveis problemas e ocorrências que possam vir a acontecer, já que a utilização dos perfis estudados é inerente ao processo (considerando sua viabilidade e qualidade), mas com o conhecimento dos pontos críticos, portas se abrem para novos desenvolvimentos e uma melhor competitividade.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo para realização da base de dados (Tabela 1) foi realizado através da coleta de amostras durante o processo produtivo em uma pequena empresa do setor siderúrgico, situada no estado de Minas Gerais, especializada em laminação a quente. Por se tratar de uma laminação, onde a obtenção ideal de parâmetros e dados é complexa e muitas vezes obtidos por métodos empíricos, ou seja, através de testes e experiências anteriores (Kosak, 1976), uma grande quantidade de amostras foi necessária para se obter uma linha de tendência confiável.

Foram examinadas quatro geometrias distintas, ou seja, quatro diferentes tipos de canais/perfis que são mais presentes no processo analisado, sendo eles: Oval, Redondo, Diamante e Quadrado. Para garantir a confiabilidade dos dados apresentados, sem que gerasse nenhuma vantagem ou que prejudicasse a performance de alguma geometria, os cilindros que continham esses perfis selecionados para a composição da amostragem foram fabricados com o mesmo material (ferro fundido nodular) e recebiam o mesmo perfil de material do passe anterior.

Após a retirada das amostras em tempos pré-determinados foi medido o peso linear de cada unidade, em kg/m. A etapa seguinte à coleta foi a de organização dos dados e sua exportação, que consistiu na plotagem dos mesmos no gráfico e a realização de uma linha de tendência que explicitasse de maneira clara e objetiva os sinais comportamentais dos canais na produção diária. Esse método proporcionou uma leitura real e precisa de como se reagia o canal no decorrer da produção.

Vale ressaltar que, para o êxito desse estudo, não houve interferência manual nos parâmetros de ajuste do processo quando retirados os corpos de prova que iriam compor nosso acervo de amostras para o estudo e medição de peso linear.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através dos resultados obtidos, observa-se uma tendência específica de comportamento quanto ao desgaste dos canais no decorrer do tempo de trabalho (contados até 24 horas), em função de sua geometria (Gráfico 1).

De acordo com o gráfico de tendência no comportamento de desgaste, identificou-se 2 tipos de comportamentos relevantes com alto potencial repetitivo, sendo: o primeiro comportamento, o mais brusco, com uma curva inicial mais acentuada seguida de uma constante crescente no decorrer do tempo, que é o apresentado pelos perfis Quadrado e Diamante; o outro, um comportamento mais sutil após o ‘desgaste de pico’ das duas primeiras horas e uma excelente estabilidade após esse momento, representado pelos canais de perfis Redondo e Oval.

Gráfico 1. Tendência no Comportamento do Desgaste devido a geometria do canal.

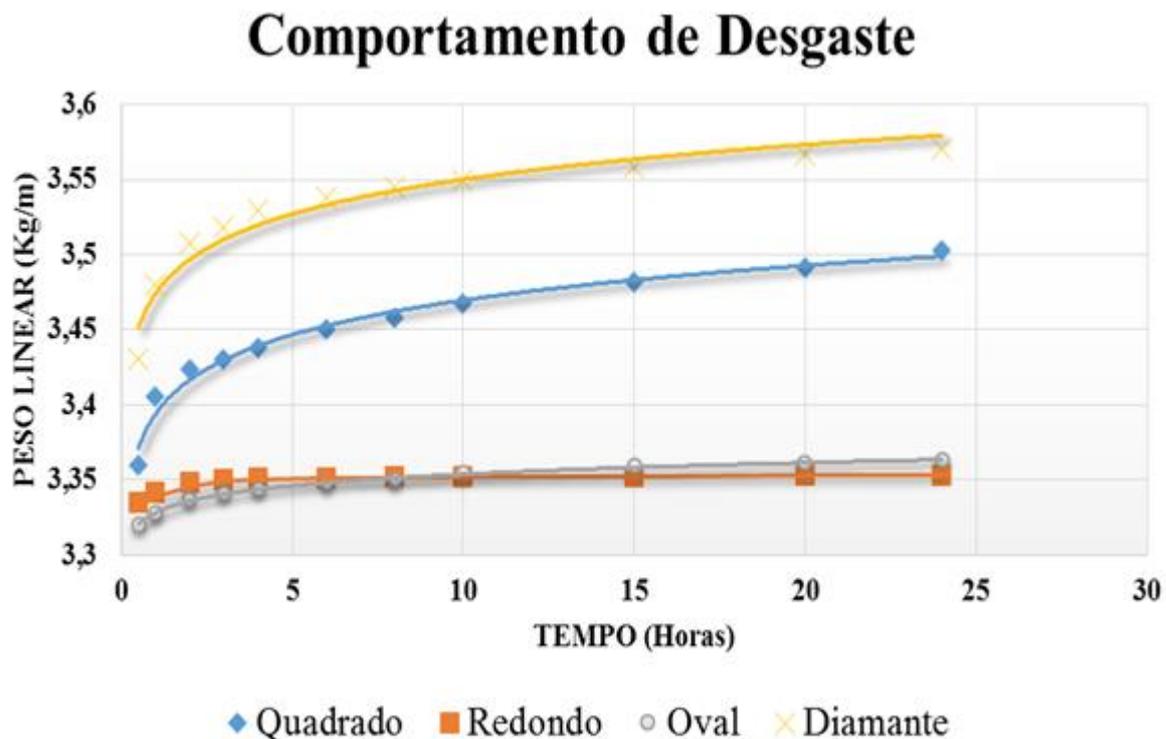


Tabela 1. Dados da configuração comportamental dos perfis no decorrer do processo.

Peso Linear	Perfil	Tempo (Horas)										
		0,5	1	2	3	4	6	8	10	15	20	24
kg/m	Quadrado	3,36	3,406	3,423	3,430	3,437	3,450	3,458	3,468	3,481	3,491	3,503
	Redondo	3,33	3,342	3,348	3,350	3,351	3,351	3,351	3,352	3,353	3,353	3,354
	Oval	3,32	3,328	3,337	3,341	3,344	3,348	3,350	3,355	3,359	3,361	3,363
	Diamante	3,43	3,480	3,5078	3,518	3,530	3,538	3,545	3,550	3,558	3,567	3,571

Observa-se neste trabalho que o canal de perfil quadrado apresenta um aumento de peso linear significativo nas 5 primeiras horas de produção (cerca de 3%), sendo que mesmo com essa acentuação, o perfil se manteve em um crescente linear, agora menos agressiva, de desgaste. O mesmo aconteceu com o canal de perfil Diamante, acentuado desgaste nas primeiras horas produtivas, comparado com sua tendência de degradação após esse período crítico. Isso nos leva a relacionar o perfil geométrico desses dois canais com o cenário apresentado, pois geometricamente, ambos têm “quinas”, arestas que formam uma angulação reta sensível ao desgaste devido ao acúmulo de tensão gerado em seus vértices.

Em um cenário bem mais favorável de resistência ao desgaste, observa-se o comportamento do canal Oval, e principalmente o do canal Redondo, que vale ser ressaltado dentre todos os analisados, pois apresentou melhor performance operacional, visto que sua estrutura é muito intrínseca a esse cenário. O canal de geometria ovalizada tem a tendência de um percentual de desgaste levemente superior quando comparado ao de geometria redonda, mas que ainda assim, assume grande vantagem quando analisado junto as demais (Quadrado e Diamante). Ambos com o passar do tempo produtivo adquirem uma estabilidade interessante que lhes permite uma maior longevidade na linha de produção, proporcionada por seus traços que suportam melhor a agressão causada pelo material que os antecede.

#### **4 CONCLUSÃO**

Os canais de laminação apresentaram diferentes tipos de comportamento em relação à derivação da geometria, tornando perceptível que os perfis Quadrado e Diamante nas primeiras horas, têm um expressivo aumento de peso linear da amostra retirada e após cinco primeiras horas de produção, a variação do peso se estabiliza, apresentando um comportamento menos agressivo do que de suas primeiras horas. Os perfis Redondos e Ovais apresentaram uma pequena variação nas primeiras horas de produção, demonstrando uma maior estabilidade posterior quando comparado aos outros perfis estudados. Percebe-se que na sua primeira etapa de produção houve um aumento menos significativo do que nos perfis anteriores, em seguida, um comportamento completamente estável.

Verificado o comportamento de desgaste dos canais, conclui-se que, diante desses dois fenômenos evidenciados, o desgaste expressivo nos canais em Quadrado e Diamante nos explica que as “quinas vivas” expostas são grandes concentradores de tensão, tornando ambos os perfis mais suscetíveis à deterioração. É perceptivo que após algumas amostras retiradas, as quinas vão tomando

uma forma “arredondada” devido o desgaste, diminuindo assim o estado de tensão nos vértices, conseqüentemente estabilizando o desgaste.

A estabilidade do desgaste após as primeiras horas de produção elucidada também o fenômeno do encruamento nos cilindros de laminação (na sua totalidade, Ferro Fundido Nodular nesse estudo), que após sofrerem impactos no decorrer do processo, demonstram um aumento da dureza que contribui na estabilidade do canal.

O conhecimento comportamental do processo pode e deve abrir novos horizontes destinados a melhoria contínua, uma vez que, o passo anterior à melhoria é a descoberta e entendimento da atividade que está sendo executada e seus fenômenos. O processo é dinâmico e o mercado cada vez mais desafiador e estreito, por isso se faz necessário uma análise de maior cunho técnico quanto ao processo produtivo, podendo assim melhorar e aperfeiçoar mais os produtos disponibilizados.

**REFERÊNCIAS**

- Cetlin, P. R.; Helman, H. Fundamentos da Conformação. Mecânica dos Metais. 2.ed. São Paulo: Artliber Editora, 2005. 263p.
- Coda, R. C. Processo Laminação de Barras. Porto Alegre: Fundação Luiz Englert, 2008. 97p.
- Dieter, G. E. Metalurgia Mecânica. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1981. 653p.
- Filho, E. B.; Silva, I. B.; Batalha G. F.; Button, S. T. Conformação plástica dos metais. 6.ed. São Paulo: EPUSP, 2011.
- Gerdau. Cilindros de Laminação. 2009. Disponível em: [https://www.academia.edu/24752308/CILINDROS\\_DE\\_LAMINA%C3%87%C3%83O](https://www.academia.edu/24752308/CILINDROS_DE_LAMINA%C3%87%C3%83O). Acesso em: 18 de abril de 2009.
- Kosak, D. Roll Pass Design Manual. Alemanha, 1976. 203p.
- Milanez, A. Estudo da calibração de barras chata a quente em um laminador trio. Porto Alegre: UFRGS, 2006. 153f. Dissertação (Mestrado em Engenharia).
- Mourão, M. B.; Yokoji, A.; Malynowskyj, A.; Leandro, C. A. S.; Takano, C.; Quites, E. E. C.; Gentile, E. F.; Silva, G. F. B. L.; Bolota, J. R.; Gonçalves, M.; Facó, R. J. Introdução à siderurgia. São Paulo: ABM, 2007. 428p.
- Rizzo, E. M. S. Processos de laminação dos aços: uma introdução. 1.ed. São Paulo: ABM, 2007. 254p.
- Taylor, James L. Dicionário metalúrgico: inglês-português, português-inglês. 2.ed. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2000. 20465p.