



# ANÁLISE DE FALHA DE UMA RODA DA MESA DE CORREIA OSCILATÓRIA

Omar Maluf<sup>2</sup>

Jéferson Aparecido Moreto<sup>3</sup>

Rosamel Melita Muñoz Riofano<sup>4</sup>

Jair Valfré<sup>5</sup>

Marcelo Tadeu Milan<sup>6</sup>

## Resumo

O presente trabalho teve por objetivo investigar as possíveis causas de falha ocorrida em uma roda da mesa de correia oscilatória que apresentou desgaste excessivo prematuramente em uma região bem localizada da pista de rolamento. O trabalho seguiu a metodologia usual empregada em análise de falhas, incluindo análises visuais do componente, macrodureza Rockwell B, microdureza Vickers e microscopia óptica. A análise micrográfica e do perfil de microdureza permitiram constatar que a roda apresentou uma faixa da pista de rolamento na qual a têmpera superficial foi deficiente, resultando em uma região localizada de baixa dureza. Como consequência, o material falhou pelo mecanismo de fadiga por contato, havendo perda de massa localizada e acentuada pela nucleação e propagação de trincas subsuperficiais.

**Palavras-chave:** Desgaste; Fadiga por contato; Propagação de trinca.

## FAILURE ANALYSIS OF AN OSCILLATING BELT TABLE WHEEL

### Abstract

The present work aimed to investigate the possible causes of failure occurred in a oscillating belt table wheel that showed excessive wear in a localized region of the rolling track. The work followed the usual methodology employed in failure analysis, including visual analysis of the component, Rockwell B macrohardness, Vickers microhardness and optical microscopy. From the micrographic analysis and microhardness profile, it was apparent that the wheel had a portion of the rolling track on which the quenching surface was deficient, resulting in a localized region of low hardness. As a result, the material failed by contact fatigue mechanism, with localized mass loss caused by the nucleation and propagations of subsurface cracks.

**Key-words:** Wear; Contact fatigue; Crack propagation.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 65º Congresso Anual da ABM, 26 a 30 de julho de 2010, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

<sup>2</sup> PhD em Ciência e Engenharia de Materiais, Diretor Comercial MIB - Materials Institute of Brazil. Rua Paulino Botelho de Abreu Sampaio, 881, Jd. Bethânia, 13561-060, São Carlos-SP. omar@mib.eng.br

<sup>3</sup> Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais, Departamento de Engenharia de Materiais, Aeronáutica e Automobilística, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (SMM-EESC-USP). Avenida Trabalhador São-Carlense, 400, Pq. Arnold Schmidt, 13566-590, São Carlos-SP. Jmoreto@sc.usp.br

<sup>4</sup> PhD em Ciência e Engenharia de Materiais, Departamento de Engenharia de Materiais, Aeronáutica e Automobilística, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (SMM-EESC-USP). Avenida Trabalhador São-Carlense, 400, Pq. Arnold Schmidt, 13566-590, São Carlos-SP. romemuri@sc.usp.br

<sup>5</sup> Engenheiro Mecânico do Departamento de Gestão Estratégica da Vale. DIPE/GEEIP/GAMAPA. Engenharia de Materiais, Prédio Oficina Elétrica, Térreo, Av. Dante Michelini, 5500, Ponta de Tubarão, 29090-900, Vitória-ES. jair.valfre@vale.com

<sup>6</sup> PhD em Ciência e Engenharia de Materiais, Diretor Superintendente MIB - Materials Institute of Brazil. Rua Paulino Botelho de Abreu Sampaio, 881, Jd. Bethânia, 13561-060, São Carlos-SP. milan@mib.eng.br

## 1 INTRODUÇÃO

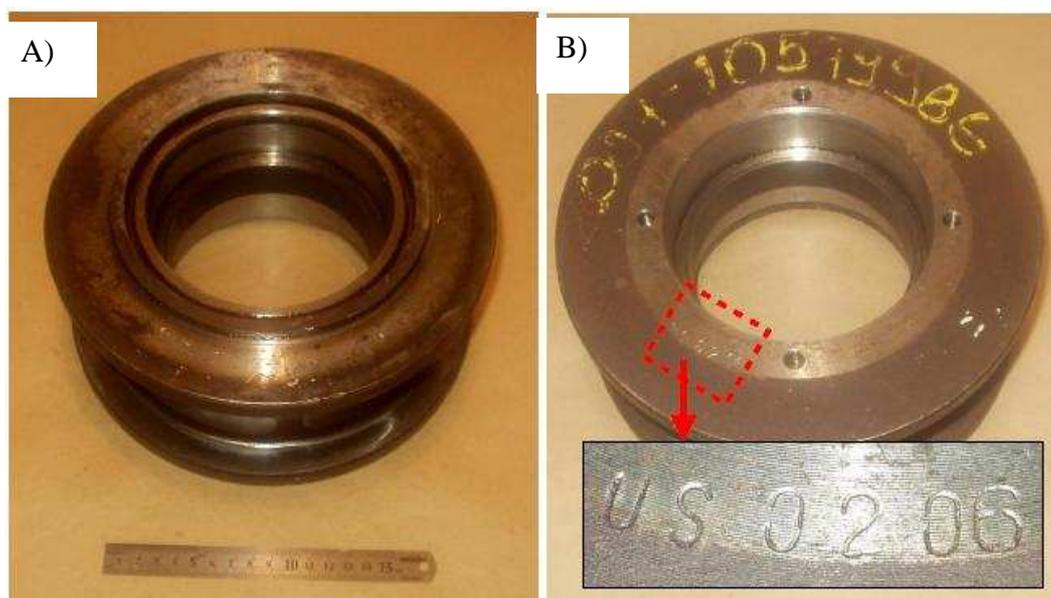
Este artigo trata da Análise de Falhas de uma roda com correia oscilatória. A metodologia de Análise do Tipo e Efeito de Falha, conhecida como FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), é uma metodologia que objetiva avaliar e minimizar riscos por meio da análise das possíveis falhas (determinação da causa, efeito e risco de cada tipo de falha) e implantação de ações para aumentar a confiabilidade. O principal objetivo da análise de falhas é evitar novas falhas. A investigação deve determinar as causas básicas da falha e essa informação deve ser utilizada para permitir a introdução de ações corretivas e/ou preventivas que impeçam a recorrência do problema.

Esta dimensão da qualidade, a confiabilidade, tem se tornado cada vez mais importante para os consumidores, pois, a falha de um produto, mesmo que prontamente reparada pelo serviço de assistência técnica e totalmente coberta por termos de garantia, causa, no mínimo, uma insatisfação ao consumidor ao privá-lo do uso do produto por determinado tempo. Além disso, cada vez mais são lançados produtos em que determinados tipos de falhas podem ter conseqüências drásticas para o consumidor.

A função do componente ou do equipamento deve ser considerada na análise, uma vez que conceituamos falha como a ocasião em que o componente ou equipamento não é mais capaz de executar a sua função com segurança. Analisar uma falha é interpretar as características de um sistema ou componente deteriorado para determinar porque ele não mais executa sua função com segurança.

Uma análise de falhas que não serve de subsídio para um conjunto de ações corretivas tem utilidade nula. Por outro lado, se não for possível determinar as causas físicas da falha não será possível introduzir melhorias no sistema.

A amostra em análise consiste de uma roda de correia oscilatória que apresentou desgaste excessivo numa região bem localizada da pista de rolamento (Figura 1).



**Figura 1.** Amostra recebida para análise: (A) vista superior e (B) vista inferior.

O material consiste de um aço SAE 4140 forjado triaxialmente e normalizado. Após a usinagem, o material recebe uma têmpera superficial na pista de rolamento pelo processo a chama para dureza entre 380HB e 420HB, com profundidade maior ou igual a 8 mm, com posterior alívio de tensões.

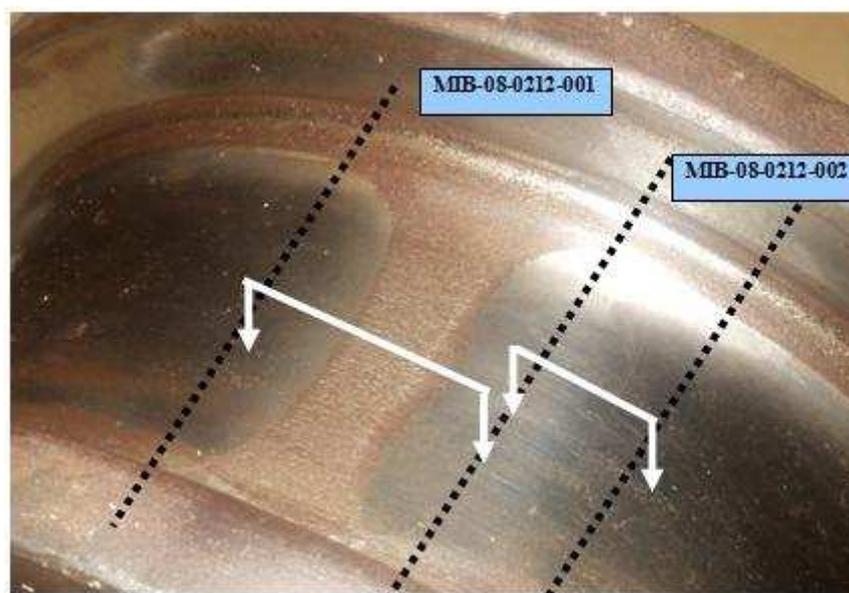
## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizada uma inspeção visual do componente (limpeza, registro fotográfico e identificação dos aspectos de falha). A análise química foi realizada em um espectrômetro de emissão óptica por centelhamento. Foram efetuados ensaios de dureza na escala Rockwell B, utilizando uma carga de 100 Kgf, penetrador esférico. Os perfis de microdureza Vickers com carga de 500 gf foram utilizados para determinação da profundidade de endurecimento. As análises microestruturais foram realizadas via Microscopia Ótica (MO). As amostras foram preparadas utilizando-se a técnica convencional (lixamento + polimento). O ataque químico utilizado foi nital 2%.

## 3 RESULTADOS

### 3.1 Análise Macrográfica

A análise macrográfica da roda mostra uma região de desgaste acentuado na pista de rolamento, conforme se observa na Figura 2. A região desgastada atravessa toda a pista de rolamento e apresenta uma largura média de 12 mm, sugerindo que a dureza superficial está fora das especificações do material. A macrografia também apresenta as regiões removidas para análises, delimitadas pelas retas pontilhadas em preto. As setas em branco indicam as regiões de corte transversal para análise metalográfica, dureza e perfil de microdureza.



**Figura 2** - Detalhe da região de desgaste localizado na pista de rolamento da roda. As regiões foram identificadas como amostra 1 (região desgastada) e amostra 2 (região não-desgastada). As setas brancas indicam a posição de corte para observação metalográfica e medidas de microdureza.

### 3.2 Análise Química

De acordo com os resultados de análise química, vide Tabela 1, pode-se afirmar que o material apresenta teor de Si acima do especificado para o aço SAE 4140, enquanto que o teor de Mo encontra-se ligeiramente abaixo.

**Tabela 1** - Análise química (% em peso).

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	Al	Cu	Fe
<b>Amostra</b>	0,40	0,87	0,81	0,024	0,027	0,96	0,10	0,13	0,014	0,066	0,26	Bal
<b>SAE 4140</b>	0,38- 0,43	0,15- 0,35	0,75- 1,00	0,035 máx	0,040 máx	0,80- 1,10	-	0,15- 0,25	-	-	-	Bal

### 3.3 Análise de Dureza

De acordo com os resultados de dureza, medidos no núcleo da roda (cerca de 25 mm abaixo da superfície da pista de rolamento), os valores obtidos são compatíveis com o aço SAE 4140 na condição recozida (Tabela 2).

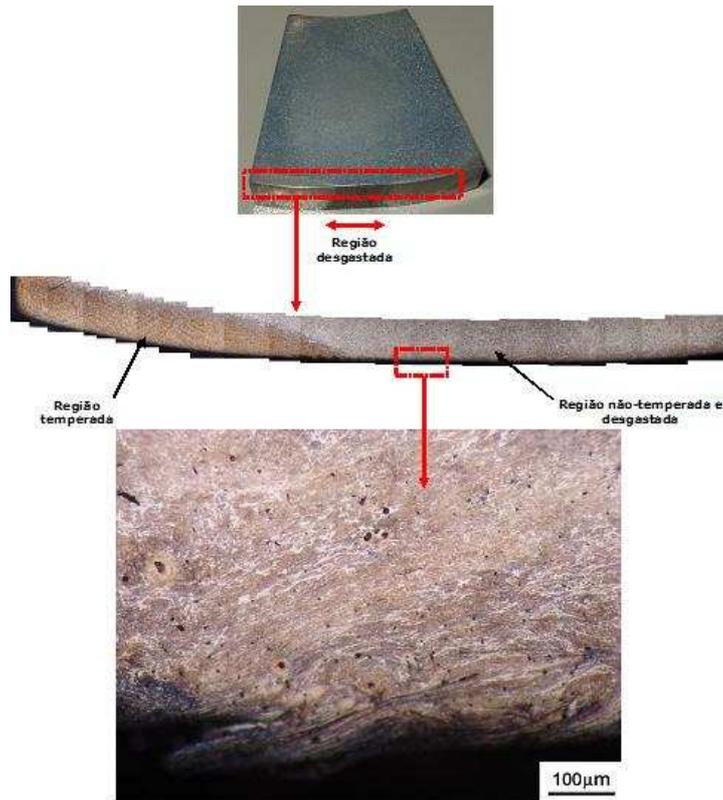
**Tabela 2** - Análise de dureza.

<b>Amostra</b>	<b>Medidas (HRB)</b>					<b>Média (HRB)</b>	<b>Média (HB)*</b>	<b>SAE 4140 recozido (HB)</b>
<b>1</b>	93	93	92	94	94	93,2	198	197
<b>2</b>	93	94	93	94	94	93,6	200	

\* Conversão feita de acordo com a norma ASTM A370 para fins de comparação<sup>(1)</sup>

### 3.4 Análise Micrográfica Óptica

A análise micrográfica óptica da amostra desgastada (amostra 1) (Figura 3), indica uma faixa na superfície que aparentemente não apresenta tratamento térmico de têmpera superficial. A microestrutura da superfície é idêntica ao do núcleo da peça, consistindo de perlita e ferrita, porém com grãos achatados pelo processo de rolamento. Adicionalmente, observam-se trincas nucleadas subsuperficialmente e que afloram à superfície, resultantes do mecanismo de dano de fadiga por contato. A evolução destas trincas remove lascas do material, resultando em perda de massa acentuada.



**Figura 3** - Micrografia óptica da amostra 1 (região desgastada), mostrando trincas de fadiga por contato e microestrutura de grãos ferríticos e perlíticos achatados pela deformação.

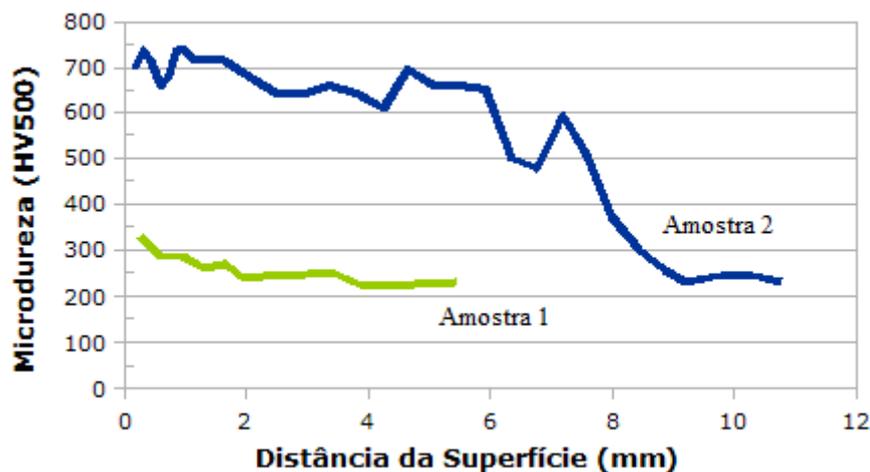
Por outro lado, a amostra removida de uma região não-desgastada (amostra 2), Figura 4, apresenta claramente uma camada com microestrutura de martensita fina que se estende por uma profundidade de aproximadamente 8 mm.



**Figura 4** - Micrografia óptica da amostra 2 (região não-desgastada).

### 3.5 Perfil de Microdureza

A Figura 5 apresenta os perfis de microdureza obtidos. Observa-se que a amostra 1 (desgastada) apresenta uma dureza superficial abaixo da faixa especificada, indicando que não houve tratamento adequado de têmpera nesta região da roda, em acordo com as observa es micrográficas. Por outro lado, a amostra 2 mostra claramente uma dureza maior na superfície que diminui progressivamente   medida que se afasta da superfície. A profundidade de têmpera para dureza entre 380-420 HB foi medida como sendo 8 mm, indicando que o material, nesta região da roda, encontra-se dentro da especifica o.



**Figura 5** - Perfis de microdureza da amostra de região não-desgastada (amostra 2) e de amostra da região desgastada (amostra 1). A região hachurada representa a faixa de dureza especificada (380-420 HB).

### 4 CONCLUSÕES

A análise micrográfica e do perfil de microdureza permitiram constatar que a roda apresenta uma faixa da pista de rolamento na qual a têmpera superficial foi deficiente, resultando em uma região localizada de baixa dureza. Como conseq ncia, o material falhou pelo mecanismo de fadiga por contato, havendo perda de massa localizada e acentuada pela nuclea o e propaga o de trincas subsuperficiais.

### 5 RECOMENDA O

Corrigir o processo de têmpera superficial.

### REFERÊNCIAS

- 1 ASTM E A370 (2007). American Society for Testing and Materials. "Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products".