

# AVALIAÇÃO OPERACIONAL DE UM ABRASÔMETRO RODA DE BORRACHA HORIZONTAL<sup>1</sup>

Flávio José da Silva<sup>2</sup>  
Cherlio Scandian<sup>3</sup>

## Resumo

Dentre os diferentes métodos de medir resistência ao desgaste abrasivo em laboratório, o teste Roda de Borracha (norma ASTM G65) é um dos mais comuns e utilizados. O teste consiste basicamente em pressionar uma amostra contra um disco de borracha sob alimentação constante de um fluxo abrasivo. A taxa de desgaste é determinada pela diferença de massa antes e depois do teste. O objetivo deste trabalho foi avaliar um abrasômetro roda de borracha modificado, onde o posicionamento da amostra em relação à roda de borracha é horizontal, ao invés de vertical. Além de resultar em um sistema de maior estabilidade mecânica, este novo arranjo permite medir a real vazão de abrasivos na interface amostra/borracha e, assim, correlacionar este parâmetro com a taxa de desgaste. Foram avaliadas as condições operacionais do equipamento determinando-se o efeito da velocidade de deslizamento, da carga aplicada, da vazão mássica de abrasivo, do tamanho abrasivo e da utilização do sistema de refrigeração na taxa de desgaste abrasivo do aço ABNT 1020. O equipamento garantiu ótima repetibilidade dos testes e os resultados apresentaram concordância com os da literatura.

**Palavras-chave:** Desgaste abrasivo; Teste roda de borracha.

## EVALUATION OF A HORIZONTAL RUBBER WHEEL ABRASION TESTER

### Abstract

The rubber wheel abrasion test (ASTM G65) is one of the most used laboratory tests applied to abrasive wear rate measurements. In this test, a plane specimen is loaded against the rim of rotating rubber wheel under a constant feed of abrasive particles. The wear rate is determined by mass loss. This work aims to evaluate a rubber wheel abrasion tester in which the specimen is held horizontally. This allows to determine the actual flow rate of abrasive and, consequently to correlate this parameter with the wear rate. The apparatus was evaluated by measuring the effect of different parameters on the abrasive wear rate of an ABNT 1020 steel, as sliding velocity, applied load, abrasive flow, abrasive mean size and the use of a cooling system. The tests performed in the horizontal equipment show an excellent reproducibility and the results also show good agreement with the literature.

**Key words:** Abrasive wear; Rubber wheel abrasion test.

---

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 62º Congresso Anual da ABM – Internacional, 23 a 27 de julho de 2007, Vitória – ES, Brasil.

<sup>2</sup> Professor do DEM/UFES - ES - [flavio@ct.ufes.br](mailto:flavio@ct.ufes.br)

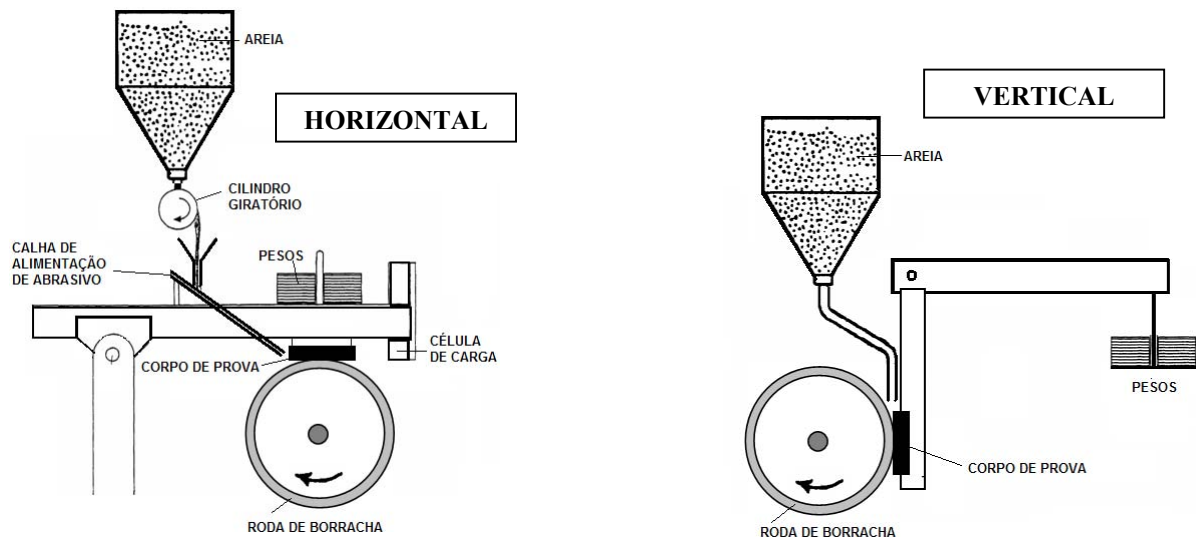
<sup>3</sup> Professor Dr. PPGEM/UFES – ES - membro da ABM, [cherlios@npd.ufes.br](mailto:cherlios@npd.ufes.br)

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente necessidade do desenvolvimento de novos materiais em aplicações tribológicas levou a um significativo aumento no estudo na área do desgaste. Especificamente, o desgaste abrasivo tem uma importância considerável para o setor industrial, onde a reposição de peças e os gastos com manutenção levam a elevadíssimos custos.<sup>[1]</sup> O teste roda de borracha, especificado na norma ASTM G65,<sup>[2]</sup> é frequentemente utilizado na determinação da resistência ao desgaste abrasivo de materiais. Caracterizado como do tipo três corpos, o teste consiste basicamente em pressionar uma amostra contra um disco de borracha sob alimentação constante de um fluxo abrasivo. No equipamento utilizado neste teste a amostra é posicionada verticalmente em relação à roda de borracha. Uma característica desta configuração é a não quantificação da vazão mássica de areia que passa na interface entre o corpo e contra-corpo, uma importante variável na taxa de desgaste. Hutchings e Stevenson,<sup>[3]</sup> propuseram um novo equipamento roda de borracha/areia seca que difere significativamente do padrão por dispor o corpo de prova em um plano horizontal. Isto permite uma maior rigidez do sistema, atenuando vibrações, bem como a quantificação exata da vazão de abrasivo consumido e, conseqüentemente, o número de partículas na zona de contato. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar as condições operacionais de um abrasômetro roda de borracha modificado, onde o posicionamento da amostra em relação à roda de borracha é horizontal, ao invés de vertical. Foram avaliados o efeito da velocidade de deslizamento, da carga aplicada, da vazão mássica de abrasivo, do tamanho abrasivo e da utilização do sistema de refrigeração na taxa de desgaste abrasivo do aço ABNT 1020.

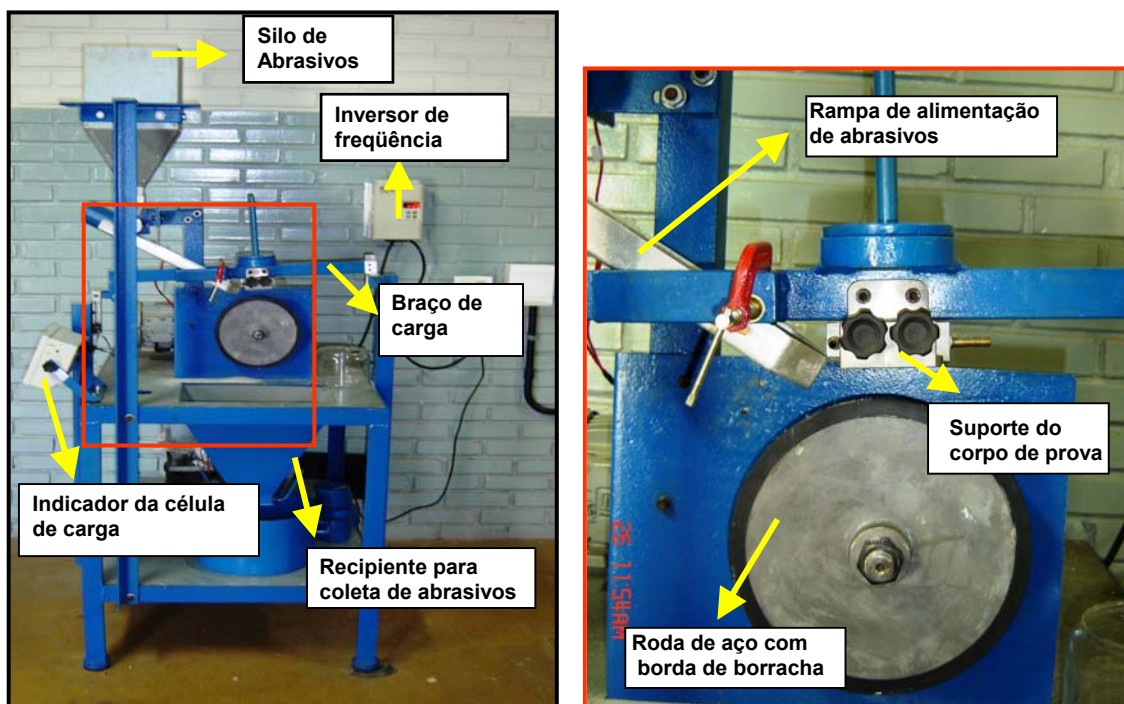
## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto e a construção do abrasômetro Roda de Borracha avaliado neste trabalho tiveram como base o equipamento proposto por Hutchings e Stevenson e a norma ASTM G65 (Figura 1). No equipamento roda de borracha horizontal a carga é aplicada diretamente sobre o porta-amostra e a vazão de areia é controlada por um cilindro que alimenta uma calha direcionada à interface amostra-borracha. A quantidade de areia que cai na calha depende da rotação do cilindro. A areia que passa entre o corpo de prova e a borracha é coletada e quantificada, diferentemente do equipamento do tipo roda de borracha “VERTICAL”. A velocidade da roda é controlada através de um inversor de frequência. O equipamento é constituído também de um sistema de refrigeração da amostra e de uma célula de carga para medição de coeficiente de atrito.



**Figura 1** – Representação esquemática dos equipamentos roda de borracha/areia seca horizontal<sup>(3)</sup> e vertical.<sup>(2)</sup>

A Figura 2 apresenta o equipamento roda de borracha horizontal/areia seca avaliado neste trabalho. Nesta avaliação foram utilizadas amostras do ABNT 1020, usinadas em dimensões de 25x75x10mm. As amostras foram retificadas para obter um padrão de acabamento superficial dentro do especificado pela norma ASTM G65, isto é, rugosidade abaixo  $0,8\mu\text{m}$ . Nos testes utilizou-se como abrasivo Areia Normal Brasileira do IPT (Instituto de Pesquisa Tecnológica) com granulometrias de 0,15-0,3 mm (100 Mesh) e 0,3-0,6 (50 Mesh), densidade de aproximadamente  $2,6\text{ g/cm}^2$ . Para diferenciar o fluxo de abrasivo que cai na calha e o fluxo que passa na interface amostra/roda de borracha foram adotadas as nomenclaturas:  $W_c$  = Vazão de abrasivo da calha (g/s) e  $W_a$  = Vazão de abrasivo consumido (g/s). A tabela 1 apresenta um resumo dos parâmetros de teste utilizados.



**Figura 2** - Equipamento Roda de Borracha horizontal / Areia Seca.

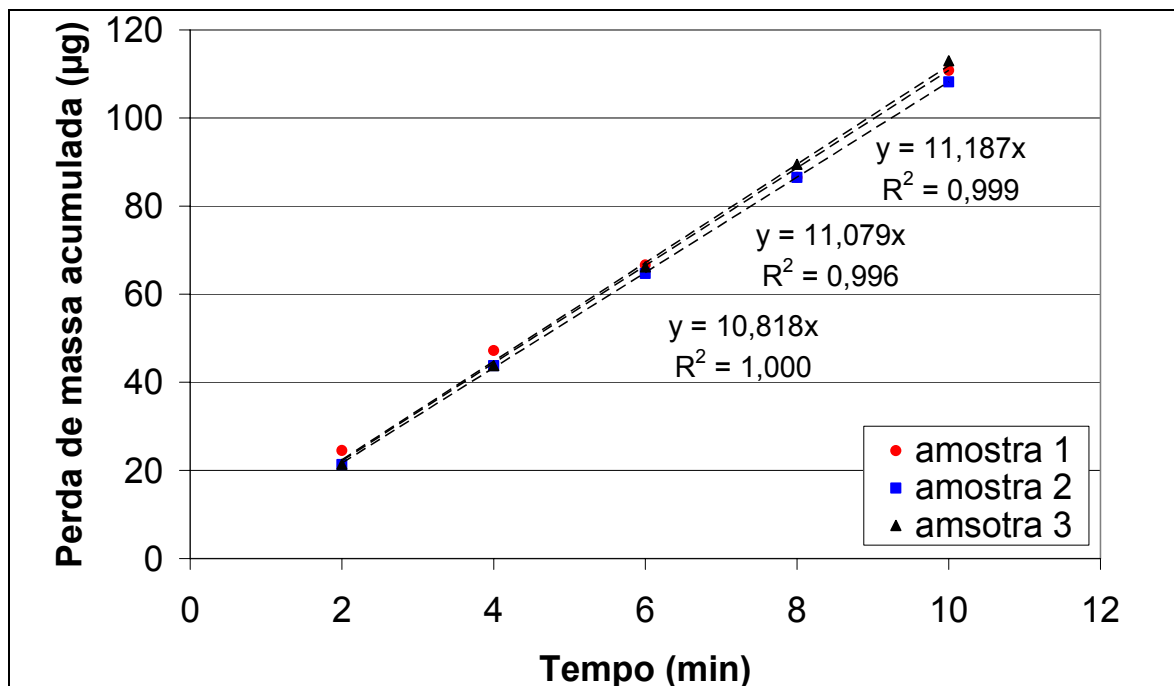
Os testes foram realizados com 4 incrementos de 71,8 m na distância de deslizamento resultando em um comprimento de deslizamento total de 287,2 metros. Foram feitos no mínimo três repetições para cada condição.

**Tabela 1** - Parâmetros de teste utilizados

Parâmetros	Valores
Velocidade linear (m/s)	0,3; 0,6; 0,9 e 1,2
Granulometria (mm)	0,15-0,30 e 0,30-0,60
Fluxo de abrasivos Wc (g/s)	0,6 e 1,12
Carga (N)	50,1; 74,2; 100,6 e 125,5

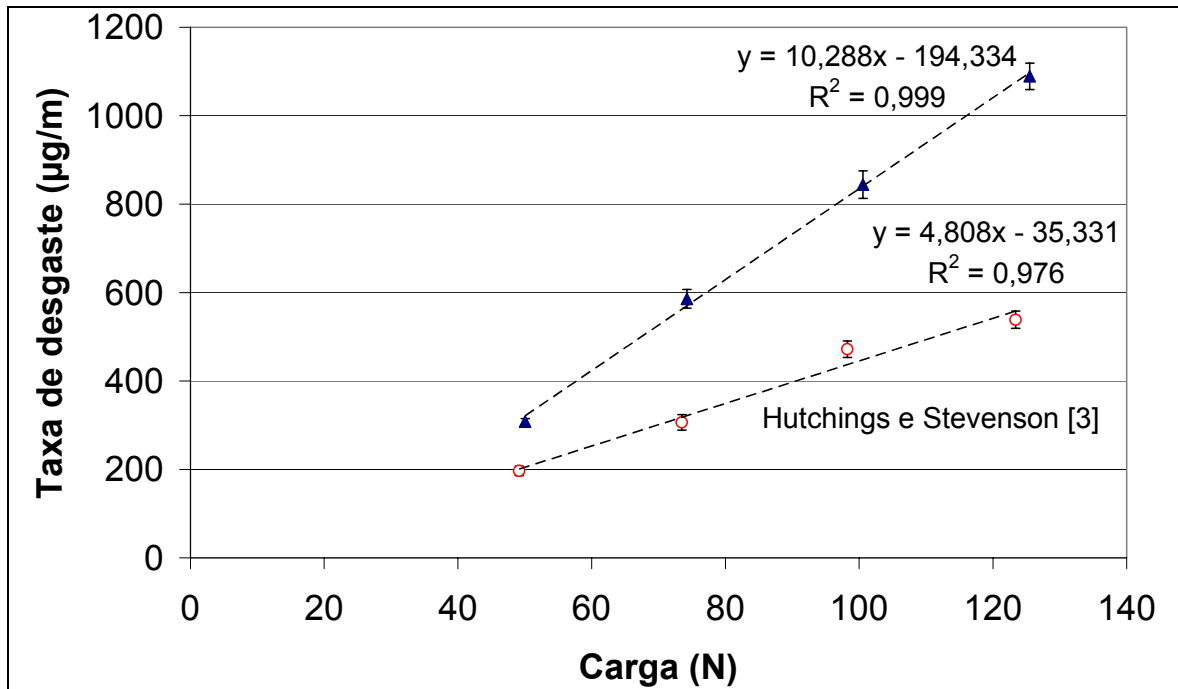
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O gráfico da Figura 1 apresenta a evolução da perda de massa acumulada com o tempo de teste para uma amostra do aço ABNT 1020. Observa-se nestes resultados um comportamento perfeitamente linear com índices de correlação  $R^2$  superiores a 0,99. A partir da inclinação da reta destes gráficos a taxa média de desgaste abrasivo foi determinada.



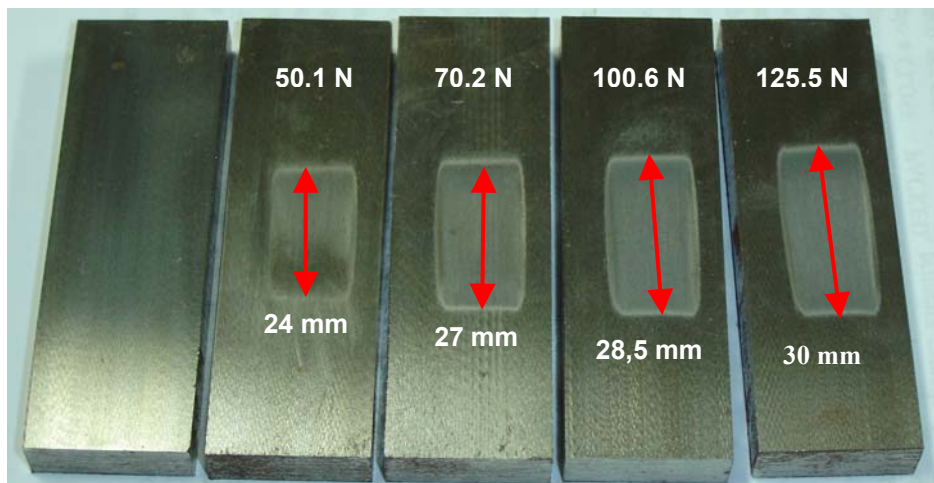
**Figura 3** – Perda de massa acumulada com o tempo, carga normal aplicada de 50,1 N, velocidade de deslizamento 0,6 m/s e vazão de areia da calha (Wc) de 1,12.

O efeito da carga normal na taxa média de desgaste abrasivo é apresentado no gráfico da Figura 2. Também foram incluídos nestes resultados os obtidos por Hutchings e Stevenson.<sup>[3]</sup> Observa-se que um aumento na carga de teste resulta no aumento da taxa média de desgaste, como o previsto pelo modelo de Archard.<sup>[4]</sup> Comparando-se o resultado da literatura com o obtido neste trabalho, observa-se que abrasivos de maior tamanho resultam em um maior efeito da carga na taxa de desgaste.



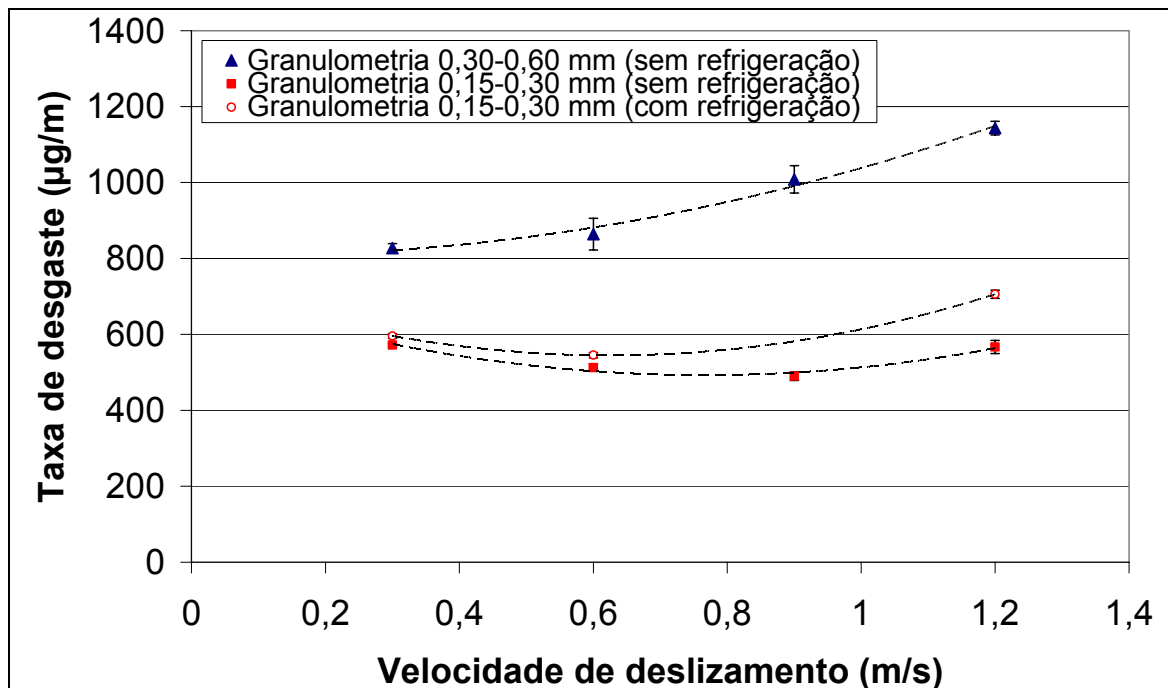
**Figura 4** – Efeito da carga na taxa média de desgaste abrasivo, vazão de areia da calha (Wc) de 1,12; granulometria 0,3-0,6mm e velocidade de deslizamento 0,6 m/s. A granulometria utilizada por Hutchings e Stevenson<sup>[3]</sup> foi de 0,15-0,30 mm

A Figura 5 apresenta as marcas típicas de desgaste obtidas nestes testes. Quanto maior a pressão da borracha na superfície da amostra maior a marca taxa de desgaste.



**Figura 5** - Marcas de desgaste em diferentes cargas aplicadas, velocidade de deslizamento 0,6 m/s e vazão de areia da calha (Wc) de 1,12 g/min.

A Figura 6 apresenta o efeito da velocidade de deslizamento na taxa de desgaste. Também são avaliados nestes resultados os efeitos da granulometria e da refrigeração da amostra e da borracha.



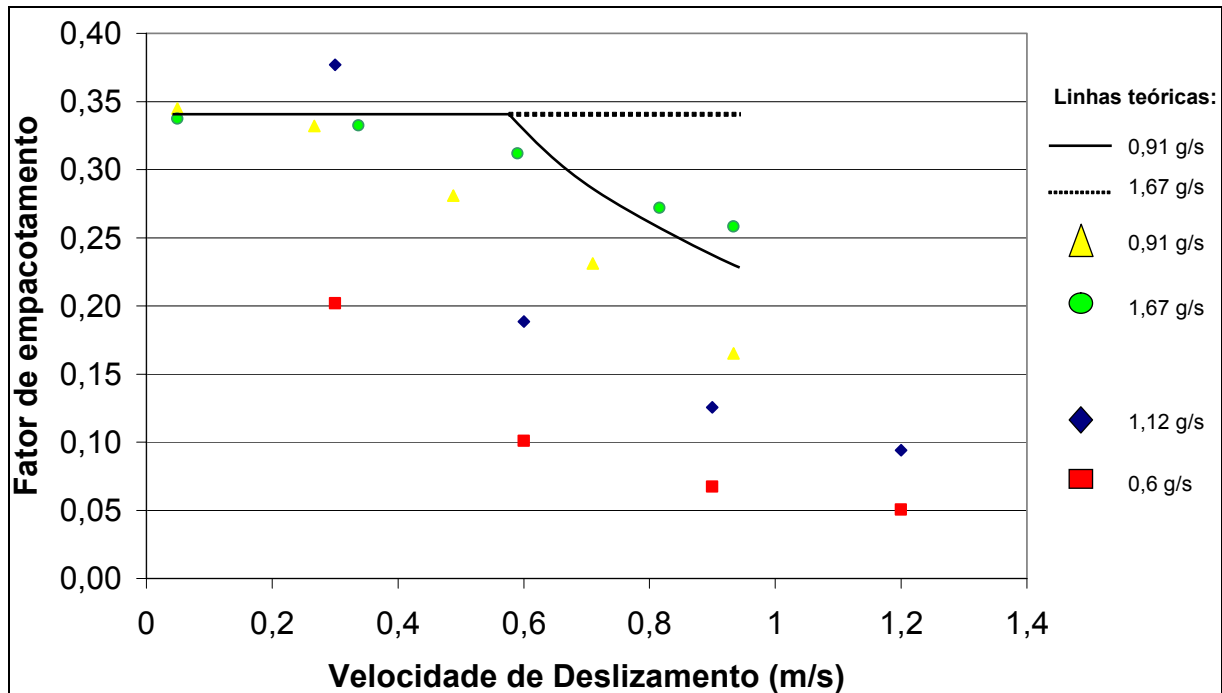
**Figura 6** – Efeito da velocidade de deslizamento na taxa de desgaste abrasivo, carga 100,6 N, vazão de areia da calha ( $W_c$ ) de 1,12 g/s, granulometria de areia 0,15-0,30 e 0,30-0,60 mm, com e sem refrigeração.

Na granulometria de 0,30-0,60 mm, um aumento da velocidade resulta em maior taxa de desgaste. Para a menor granulometria (0,15-0,30 mm) observa-se uma tendência de queda na taxa de desgaste com o aumento da velocidade. Resultados semelhantes foram encontrados na literatura.<sup>[3]</sup> A dependência da taxa de desgaste sobre a velocidade de deslizamento pode ser explicada pela variação da propriedade da borracha com a temperatura. O aumento da velocidade de deslizamento resulta no aquecimento da amostra e da borracha deixando-a mais macia e, conseqüentemente, diminuindo a taxa de desgaste.<sup>[3]</sup> A refrigeração reduz o efeito do aquecimento e mantém as propriedades da borracha. Isto pode explicar a maior taxa de desgaste nos testes realizados com refrigeração.

O fator de empacotamento ( $f$ ) é a densidade da camada de abrasivos na interface do corpo de prova com a borda de borracha.<sup>[3]</sup> Este parâmetro é determinado pela equação 1, onde:  $W_c$  = Vazão de abrasivo da calha (g/s);  $v$  = velocidade de deslizamento (m/s);  $D$  = diâmetro da partícula (mm);  $b$  = largura da borracha (mm) e  $\rho$  = densidade do material da partícula ( $g/cm^2$ ).

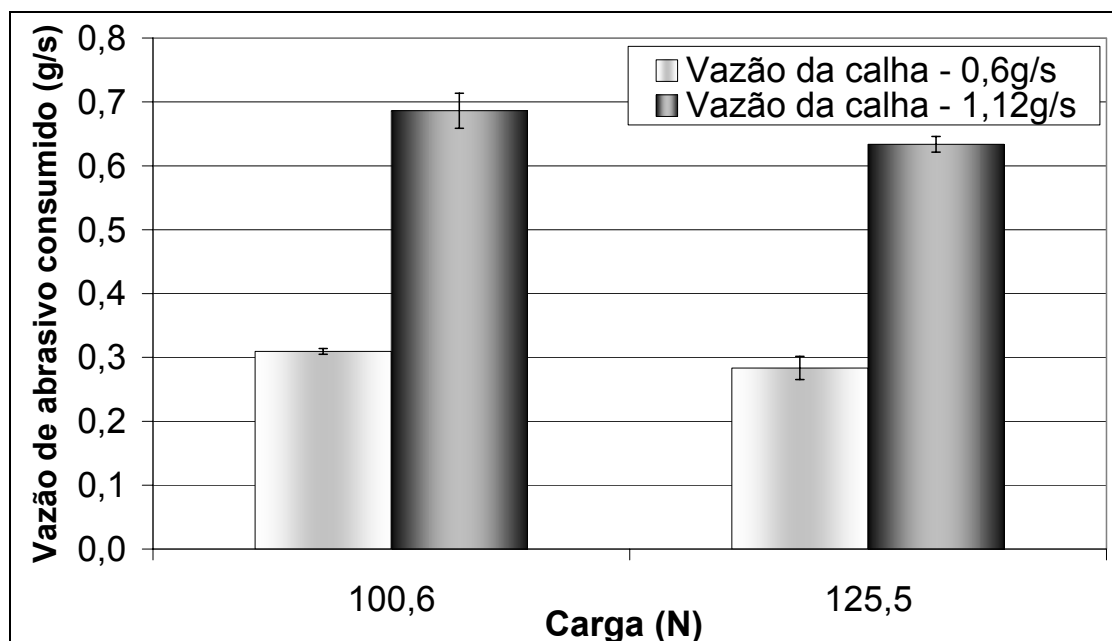
$$f = \frac{W_c}{v \cdot D \cdot b \cdot \rho} \quad (1)$$

O gráfico da Figura 7 apresenta a variação do fator de empacotamento com a velocidade de deslizamento. Os pontos em azul e vermelho representam os resultados para a vazão da calha de 1,12 e 0,6 g/s respectivamente. Os resultados obtidos por Hutchings e Stevenson<sup>[3]</sup> estão representados pelos pontos amarelo e verde, vazão da calha de 0,91 e 1,67 g/s respectivamente. Observa-se nestes resultados uma tendência de queda do fator de empacotamento com o aumento da velocidade de deslizamento.

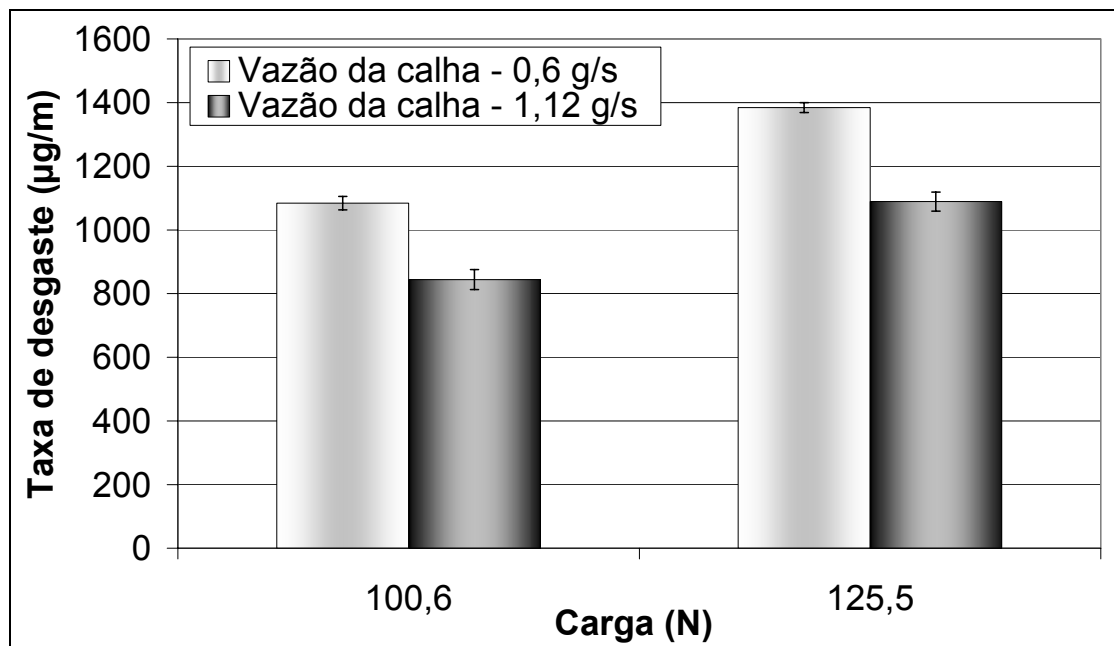


**Figura 7** - Efeito da velocidade de deslizamento no fator de empacotamento para diferentes vazões da calha. As linhas teóricas e as vazões da calha de 0,91 e 1,67 g/s foram obtidas por Hutchings e Stevenson.

A relação entre a quantidade de abrasivos que passa na calha e a quantidade de abrasivos consumidos é apresentada na Figura 8. Apenas metade da vazão de abrasivos na calha passa na interface amostra/borracha. O aumento da carga normal tende a reduzir ainda mais esta quantidade. A quantidade de abrasivos consumido está diretamente relacionada com o fator de empacotamento. Observe-se, no gráfico da Figura 9, que uma maior vazão de abrasivo da calha resulta em uma menor taxa de desgaste.



**Figura 8** - Vazão de abrasivo consumido em função da vazão de abrasivos na calha, cargas de 100,6 N e 125,5 N, velocidade de deslizamento de 0,6 m/s.



**Figura 9** – Taxa de desgaste em função da vazão de abrasivos na calha, cargas de 100,6 N e 125,5 N, velocidade de deslizamento de 0,6 m/s.

Este resultado pode ser explicado pelo aumento do fator de empacotamento e, conseqüentemente uma maior interação entre as partículas abrasivas. Uma maior densidade de partículas abrasivas na interface do corpo de prova/borracha pode resultar em um desgaste destas partículas e, assim, uma diminuição na taxa de desgaste. Isto mostra a importância da quantificação e controle da real vazão de abrasivos que passa na interface corpo/contracopo.

#### 4 CONCLUSÕES

- Os resultados mostraram uma ótima repetibilidade e um bom controle dos principais parâmetros testados;
- Os resultados apresentam concordância com os apresentados na literatura;
- A taxa de desgaste abrasivo apresentou um comportamento linear com a variação da carga;
- O efeito da velocidade na taxa de desgaste depende da granulometria dos abrasivos. Em geral, observa-se uma tendência de aumento da taxa com o aumento da velocidade de deslizamento;
- A taxa de desgaste diminuiu com a redução do tamanho do grão abrasivo.
- A influência da refrigeração do corpo de prova foi notada com o aumento da taxa de desgaste
- Observa-se uma tendência de queda do fator de empacotamento com o aumento da velocidade de deslizamento.
- Um menor fluxo de abrasivo da calha resulta no aumento da taxa de desgaste decorrente do acréscimo do fator de empacotamento (densidade de partículas) na região de contato entre o corpo de prova e a borda de borracha.



## REFERÊNCIAS

- 1 Hawk, J. A., Wilson, R. D., Tylczak, J. H. e Dogan, Ö. N., 1999, "Laboratory abrasive wear tests: investigation of test methods and alloy correlation", *Wear abrasive*, nº 225-229, p.1031-1042.
- 2 ASTM G65-00, 1991, "Standard test method for measuring abrasion using the dry sand/rubber wheel apparatus", *Annual Book of ASTM Standards Volume 03.02*, ASTM, Philadelphia, PA, pp. 247-259.
- 3 Hutchings, I. M. e Stevenson A. N. J., 1996, "Development of the dry sand/rubber wheel abrasion test", *Wear*, vol. 195, pp. 232-240.
- 4 Hutchings, I. M., 1992, "Tribology: Friction and Wear of Engineering Materials", London, British Library, ISBN 0340 56184X.