

# Aplicação das equações diferenciais de momento e energia na obtenção da perda de potência em mancais de deslizamento

Gabriel, A. C.; Zanete, O. Z.; Gonçalves, J. B.; Monhol F. A. F.\*

Engenharia Mecânica, Instituto Federal do Espírito Santo, São Mateus, Brazil.

\* e-mail: filipe.monhol@ifes.edu.br

## Resumo

Foi avaliada a perda de potência em um mancal de deslizamento associada a diferentes tipos de lubrificantes. A perda de potência foi estimada através da resolução das equações da continuidade, da quantidade de movimento e conservação de energia aplicadas ao sistema em questão. Os resultados mostraram influência do lubrificante na perda de potência do mancal. Alguns dos óleos apresentaram redução de até 30% da perda de potência quando comparado ao óleo recomendado pelo fabricante.

## Abstract

This study evaluated the power loss in the bearing by comparing different lubricants. The power loss was estimated by solving the heat transfer equations such as continuity, momentum e energy conservation applied to the system in question. The results showed influence of lubricant viscosity on the bearing power loss. Some oils analyzed decreased the power loss by up to 30% compared to the manufacturer recommended oil.

Keywords (Palavras chaves): Equações diferenciais, Perda de potência, Mancais, Dissipação viscosa.

## 1. Introdução

Os mancais de deslizamento são conhecidos também como mancais lubrificados hidrodinamicamente e estão presentes em muitas operações modernas, especialmente em operações que exigem maior precisão. Estes são geralmente representados por superfícies cilíndricas, alojando um eixo em seu interior. Alves [1], define lubrificação como a aplicação de um filme de alguma substância, geralmente um fluido lubrificante, com a função de separar superfícies em contato, diminuindo o atrito entre as partes sólidas, além de reduzir a temperatura dos acoplamentos e inibir a corrosão, entre outras funções. De acordo com [2], a inserção de um lubrificante na folga entre eixo e mancal pode reduzir em até 1000 vezes o atrito entre os elementos quando do contato metal-metal. Em escoamentos de alta velocidade, a dissipação viscosa se apresenta de maneira dominante. Provocando a conversão da energia cinética do fluido em energia térmica [3]. Devido a dissipação viscosa, quanto menor for o valor da viscosidade do lubrificante menor será a perda de potência. Com base nessa análise, foi estudada a perda de potência para diferentes óleos lubrificantes, objetivando encontrar um lubrificante que diminua este valor de potência dissipada.

## 2. Metodologia

### 2.1 Modelagem do problema

Segundo [3], o escoamento de óleo em mancal pode ser aproximado por um escoamento entre duas placas paralelas. As seguintes hipóteses foram adotadas: regime permanente, fluido incompressível, propriedades constantes e forças de corpo desprezíveis. Aplicando as equações da continuidade (Eq. 1), da quantidade de movimento (Eq. 2) e da conservação da energia (Eq. 3) para o escoamento entre duas placas planas temos:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\rho \left( u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) = \mu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - \frac{\partial p}{\partial x} \quad (2)$$

$$\rho c_p \left( u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} \right) = k \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) \quad (3)$$

Resolvendo com as devidas simplificações e aplicando as condições de contorno ideais obtém-se a distribuição de temperatura ao longo do filme (Eq. 4). Assim, a perda de potência relacionada a geração de calor pode ser calculada através da Lei Fourier dada pela Eq. 5.

$$T(y) = T_0 + \frac{\mu V^2}{2k} \left( \frac{y}{L} - \frac{y^2}{L^2} \right) \quad (4)$$

$$\dot{q} = -k \frac{dT}{dy} \Big|_{y=0} \quad (5)$$

## 2.2 Materiais e métodos

Foi analisado o mancal de apoio do eixo de suporte da fresa de uma fresadora Modelo FU.301- Série 244. As dimensões do mancal são apresentadas na Tab.1.

Tabela 1: Medidas do mancal de deslizamento do suporte da fresa.

Medida	Valor	Observações
D1	55,95 [mm]	Diâmetro do eixo
D2	56,2 [mm]	Diâmetro do Mancal
L	85 [mm]	Comprimento
N	40 à 2000 [rpm]	Rotações Avaliadas

O fabricante da fresadora especifica o lubrificante MOBIL VACTRA N°. 2 (MV2). Para o estudo foram escolhidos três óleos SAE cujas propriedades são estimadas por [4]. Além destes, outros três lubrificantes industriais aplicados a lubrificação de máquinas em geral foram avaliados (LU220, LU320 e LU460). Todas as suas propriedades foram obtidas em [5]. A Tab. 2 mostras as propriedades de interesse de cada óleo na temperatura de trabalho que é de 41,5 °C.

Tabela 2: Propriedades dos óleos lubrificantes (41,5°C).

Lubrificante	Viscosidade ( $\mu$ )	Condutividade (k)
MV2	0,0600 [Pa.s]	0,14417 [W(m.K)]
SAE 5W20	0,0419 [Pa.s]	
SAE 5W30	0,0578 [Pa.s]	
SAE 5W40	0,0498 [Pa.s]	
LU 220	0,1844 [Pa.s]	
LU 320	0,2688 [Pa.s]	
LU 460	0,3820 [Pa.s]	

As velocidades de rotação analisadas foram: 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600 e 2000 RPM.

## 3. Resultados e discussão

Como apresentado na Fig. 1, os lubrificantes SAE apresentam reduções significativas da perda de potência (cerca de até 30% para o SAE 5W50), quando comparados ao lubrificante determinado pelo fabricante da máquina e aos lubrificantes industriais LU's. Dessa maneira, a aplicação deste tipo de óleo na lubrificação dos mancais analisados, provoca uma melhoria na eficiência do equipamento e consequentemente uma economia nos gastos com fontes energéticas.

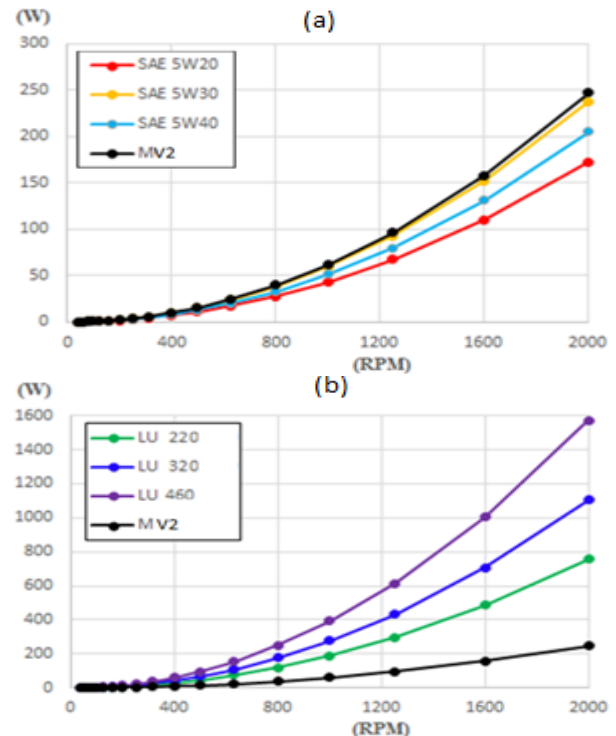


Figura 1: Perda de potência (W) em função da rotação do eixo. (a) Óleos SAE. (b) Óleos LU

## 4. Conclusões

A partir da análise dos resultados, os lubrificantes que apresentaram redução na perda de potência são os óleos SAE 5W, sendo que o lubrificante SAE 5W20 o óleo que apresenta reduções mais significativas (cerca de 30%). Portanto deve ser verificada a viabilidade da substituição do óleo lubrificante recomendado pelo fabricante por qualquer um dos óleos SAE 5W.

## 5. Referências

- [1] Alves, D.S. "Investigação do Efeito Térmico no Comportamento Dinâmico de Mancais Hidrodinâmicos". Dissertação Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP. 2011.
- [2] Antonic, Z., Nikolic, N., Radomirovic, D. Mechanism and Machine Theory, Vol. 46, pp. 975-985, 2011.
- [3] Cengel, Y.A., Ghajar, A.J. Transferência de calor e massa. 4. Ed. São Paulo: AMGH Editora, 2011.
- [4] Cancian, C.A., Revista Universidade Vale do Rio Verde, Três Corações, Vol.11 (2), pp. 239-250. 2013.
- [5] PETROBRAS DISTRIBUIDORA S.A. LUBRAX UTILE DM (220, 320 e 460), 2011. Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico – FISPQ. Disponível em: <http://www.br.com.br/wps/wcm/connect/42aeac00465fb146a6a5b6227c5c0cf/fispq-lub-ind-diversas-lubrax-utile-dm.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em 26 fev. 2015.