



‘Avaliação de mancais hidrodinâmicos para aplicação em altas rotações e elevadas condições de carga’



Autores: Tiago Henrique Machado (bolsista), Katia Lucchesi Cavalca (orientadora).
Colaboradores: Fábio Nonato de Paula; Gregory Bregion Daniel.

FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

Financiamento do projeto: CNPQ – bolsa PIBIC (2º Semestre 2008) e SAE Unicamp – bolsa empresa Schaeffler Brasil (1º Semestre 2009).

Lubrificação Hidrodinâmica (HD) - Mancais Radiais - Método das Diferenças Finitas - Coeficientes Dinâmicos Equivalentes

Introdução

O conhecimento das características dinâmicas de máquinas rotativas permite prever a resposta vibratória em distintos pontos deste tipo de sistema, sujeito a diferentes excitações. Entre estas podemos citar: desbalanceamentos, instabilidade nos mancais, defeitos internos da máquina, excitações de fluxo turbulento, entre outros. Neste projeto, analisou-se o filme lubrificante, segundo suas características dinâmicas, aplicando ao mesmo um conceito similar ao mola-amortecedor, com coeficientes provenientes da avaliação da distribuição de pressão através de um modelo numérico para solução da equação de Reynolds, sendo estes coeficientes obtidos de forma a representar a flexibilidade e o amortecimento inerentes a lubrificação por filme de óleo. Desta forma, a viabilidade da aplicação de mancais lubrificadas de geometria fixa, em função da velocidade de rotação da máquina, do carregamento nos mancais e da viscosidade de lubrificante, pôde ser avaliada, permitindo adaptações para testes em altas velocidades de rotação e elevados valores de carga aplicada. Esse trabalho proporciona soluções para três diferentes geometrias de mancais radiais: cilíndrico, elíptico e trilobular.

Desenvolvimento Teórico e Metodologia

O equacionamento necessário para a análise da distribuição de pressão em um mancal sujeito a condição de lubrificação hidrodinâmica é baseado essencialmente na Equação de Reynolds. Com algumas considerações, tais como viscosidade e densidade do fluido lubrificante constantes, além de condições isotérmicas, a Equação de Reynolds pode ser escrita da seguinte maneira:

$$\frac{\partial}{\partial y} \left(h^3 \frac{\partial p}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(h^3 \frac{\partial p}{\partial z} \right) = 6\mu U \frac{\partial h}{\partial y} + 12\mu \frac{\partial h}{\partial t}$$

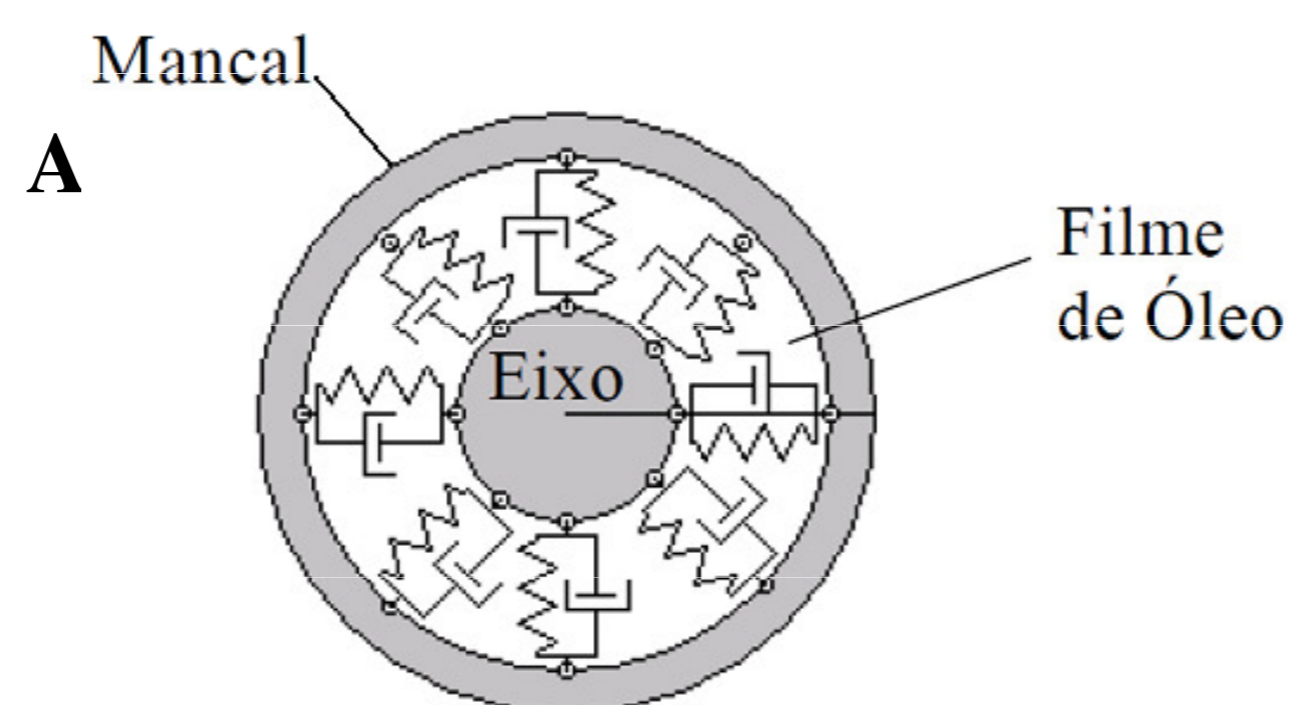
Termo dinâmico relacionado ao esmagamento do filme

A equação foi resolvida através do Método de Diferenças Finitas, calculando-se iterativamente a pressão para todos os pontos da malha. Para este trabalho várias malhas foram testadas, e uma malha com 6400 pontos (80 pontos em cada direção), foi a malha com a melhor relação entre precisão e custo computacional.

Com relação a suas características dinâmicas, o filme lubrificante foi discretizado num modelo mola-amortecedor (Figura A), e, caracterizado por coeficientes equivalentes de rigidez e amortecimento, linearizados segundo um expansão em série de Taylor das forças de reação no mancal.

$$K_{xy} = \left(\frac{\partial F_x}{\partial y} \right)_0 \quad B_{xy} = \left(\frac{\partial F_x}{\partial \dot{y}} \right)_0$$

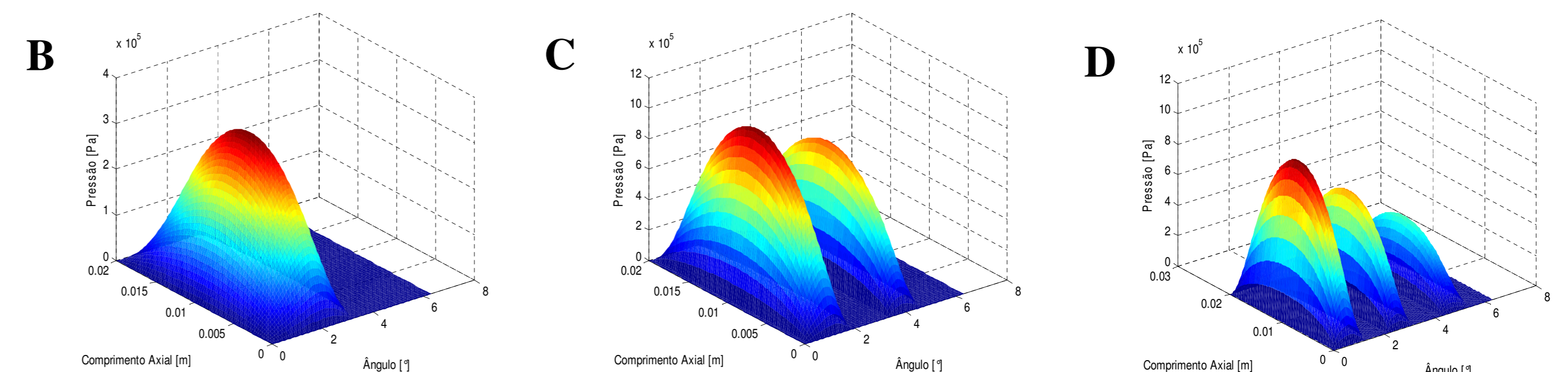
Os demais coeficientes são avaliados de forma análoga.



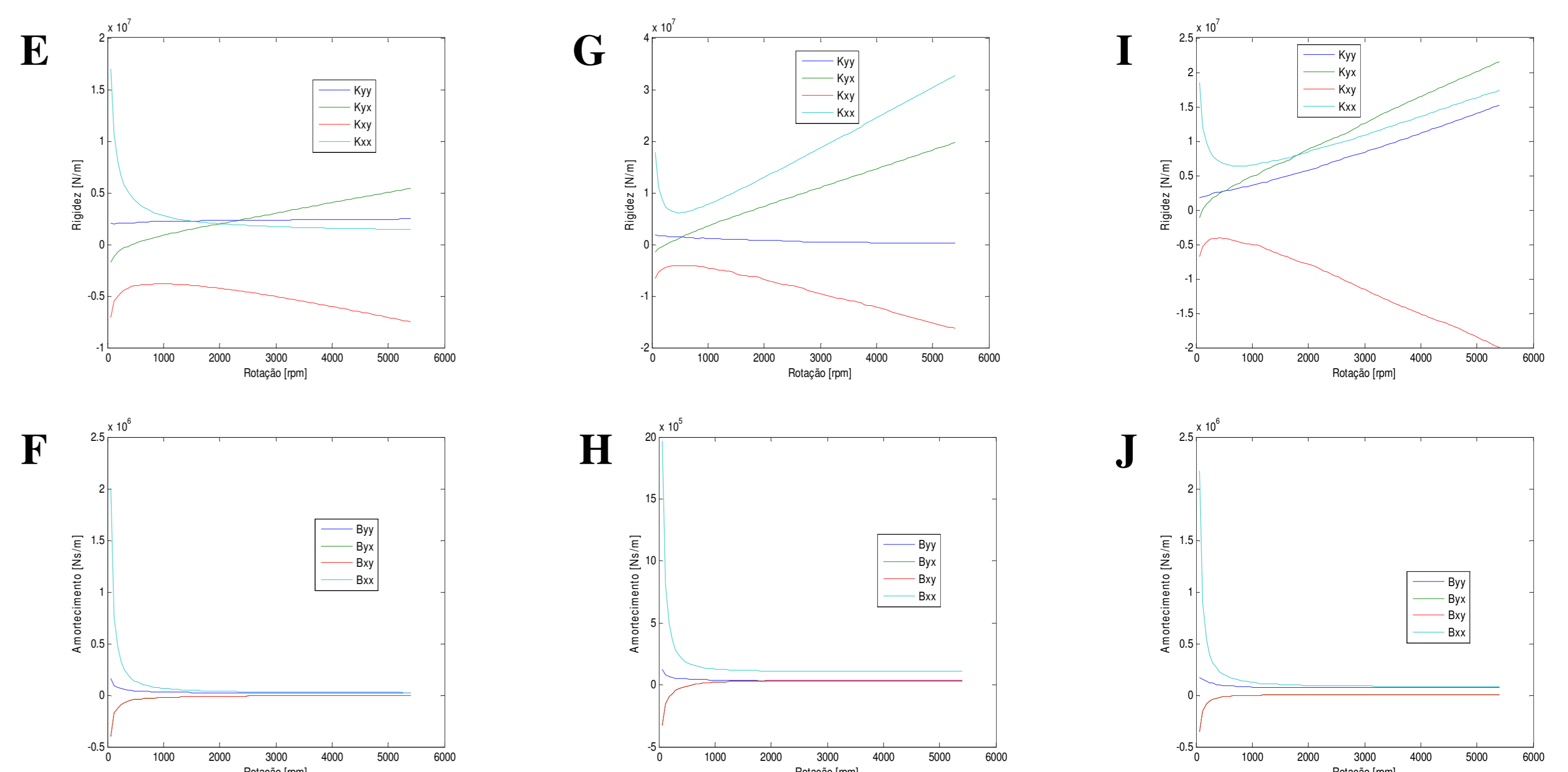
Para o cálculo desses coeficientes, a forma oriunda da expansão de Taylor foi avaliada através do método das diferenças finitas.

Resultados

Um exemplo de distribuição de pressão para os três diferentes tipos de mancais, é apresentado nas figuras B (cilíndrico), C (elíptico) e D (trilobular).



Abaixo segue um exemplo para os coeficientes de rigidez (figuras E, G e I) e amortecimento (figuras F, H e J), onde as figuras E e F são para o mancal cilíndrico, G e H são para o mancal elíptico, e, I e J para o mancal trilobular.



Conclusões

A distribuição de pressão nos três diferentes tipos de mancais propostos é importante para avaliar a influência benéfica do aumento da pré-carga e do aumento do número de lóbulos no comportamento estático do mancal. O surgimento de novos picos de pressão, um novo pico para cada lóbulo adicional, faz com que a capacidade de carga dos mancais multilobulares seja maior do que aquela encontrada nos mancais cilíndricos.

Através da análise dos gráficos dos coeficientes dinâmicos para os diferentes tipos de mancais, pode-se notar que, nos mancais com pré-carga, têm-se um aumento dos coeficientes de rigidez (mantendo-se os coeficientes de amortecimento praticamente constantes) com o aumento da pré-carga. Esses mancais tendem a aumentar a estabilidade quando em altas rotações. O aumento de estabilidade pode ser observado pelo expressivo aumento relativo dos coeficientes de rigidez diretos quando comparados aos coeficientes de rigidez cruzados, aumentando-se a pré-carga.

Referências Bibliográficas

- Lund, J., 1987, “Review of the Concept of Dynamic Coefficients for Fluid Film Journal Bearings”, ASME Journal of Tribology, vol. 109, pp. 37- 41.
- Muszinska, A., 2005, “Rotordynamics”. Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA.
- Pinkus, O., “Analysis of Elliptical Bearings”, *Transactions of ASME*, v.78, pp.965-973, 1956.
- Pinkus, O., “Solution of Reynolds Equation for Finite Journal Bearings”, *Transactions of ASME*, v.80, pp.858-864, 1958.
- Pinkus, O., “Analysis and Characteristics of Three-lobe Bearings”, “*Journal of Basic Engineering*”, pp.49-55, 1959.