

# ANÁLISE NUMÉRICA DAS TENSÕES GERADAS A PARTIR DO EFEITO DA TEMPERATURA NUM MANCAL AXIAL DE DESLIZAMENTO

**Flávio Augusto Coelho Resende**

Universidade Federal de São João del Rei, Departamento de Mecânica, Praça Frei Orlando, 170, São João del Rei, MG, Brasil - CEP 36307-904, [flaviocoelho@pop.com.br](mailto:flaviocoelho@pop.com.br)

**Alex Sander Chaves da Silva**

Universidade Federal de São João del Rei, [achaves@ufs.edu.br](mailto:achaves@ufs.edu.br)

**Romualdo Augusto**

Universidade Federal de São João del Rei, [engenharia.bo@holcim.com](mailto:engenharia.bo@holcim.com)

**Vânia Regina Velloso Silva**

Universidade Federal de São João del Rei, [yelloso@ufs.edu.br](mailto:yelloso@ufs.edu.br)

**Resumo.** Ao projetar um componente mecânico o projetista necessita de conhecimentos multidisciplinares em áreas diversas tais como: materiais, processos, dimensionamento, etc. Estes conhecimentos podem ser obtidos através de fontes literárias ou especialistas nestas áreas. No caso do projeto de mancais axiais uma das formas de auxiliar o projetista é a utilização de ferramentas computacionais (CAD/CAE). Através destas ferramentas é possível a análise da distribuição de tensões e deformações geradas a partir da aplicação do carregamento estático, peso próprio da carcaça e geração de calor no mancal fazendo a verificação de pontos críticos, ou seja, possíveis falhas na estrutura. O modelo foi analisado através do Método de Elementos Finitos (MEF) sendo concebido de forma a simular o comportamento real de um mancal axial de deslizamento submetido aos efeitos de carregamentos e dilatação térmica. Através desta técnica foi realizada uma análise das tensões e deformações geradas visando minimizá-las.

**Palavras chaves:** Métodos Numéricos, Análise de Tensões, Mancal Axial de Deslizamento.

## 1. INTRODUÇÃO

No processo de elaboração de uma pesquisa ou desenvolvimento de um projeto, o engenheiro muitas vezes, encontra-se em uma situação em que é preciso prever o comportamento de seu produto. Esta situação ocorre, pôr exemplo, no projeto de uma nova máquina, um quadro de bicicleta, uma estrutura metálica em geral e outros diversos casos. Uma forma de se fazer esta previsão seria elaborar um protótipo em laboratório e através de instrumentos de medição estrategicamente posicionados prever suas deformações, tensões e outros parâmetros necessários.

Porém, a construção de um protótipo normalmente consome muito tempo e dinheiro, tornando-se necessário buscar outros meios para solucionar este problema de forma menos trabalhosa e mais econômica.

Para reduzir os custos e ser competitivo faz-se o uso de simulações numéricas em ferramentas computacionais CAD/CAE que permitem determinar os pontos de possíveis falhas. O atual desenvolvimento tecnológico permite que softwares realizem tais simulações com uma precisão satisfatória auxiliando a construção de um produto e diminuindo os custos para a empresa.

Com o avanço da computação e o surgimento de técnicas e métodos numéricos, possibilitou-se que uma grande variedade de problemas pudessem ser tratados numericamente.

Um método que tem sido largamente aplicado é o Método de Elementos Finitos (MEF) que consiste em utilizar princípios de energia de deformação, trabalho de forças aplicadas e outros, para estabelecer expressões integrais equivalentes e realizar uma aproximação destas equações. O (MEF) é uma técnica de construção de funções de interpolação adequadas a cada tipo de comportamento. Grande parte das estruturas dos programas de cálculos baseia-se neste método, adotando deslocamentos nos pontos nodais como as principais incógnitas. Este método permite a utilização de diferentes tipos de ferramentas num mesmo problema e a seleção dos tipos e números de elementos a serem utilizados é um dos pontos críticos do método SPYRAKOS (1997).

Neste trabalho serão apresentados os resultados da análise numérica das tensões geradas a partir do efeito da temperatura num mancal axial de deslizamento submetido a um carregamento estático. Esta carcaça constitui um corpo complexo possuindo furos, arredondamentos e diversos pontos de concentração de tensões.

Possuindo as dimensões da carcaça pré-determinadas, os valores da carga a ser submetida e levando em consideração o peso próprio e o feito da geração de calor obtém-se os resultados utilizando Métodos de Elementos Finitos (MEF). Será elaborado um modelo tridimensional da carcaça obtendo-se os pontos de concentração de tensões e tensões atuantes na carcaça utilizando critério de Von Mises e deformação ocorrida no modelo.

## 2. METODOLOGIA

Desenvolver um estudo onde é possível analisar os efeitos da temperatura e do carregamento estático no mancal.

Sabe-se que em sistemas estaticamente indeterminados, como por exemplo, o mancal em estudo, ocorre a expansão ou contração de algumas regiões deste corpo devido à influência da temperatura na estrutura. No entanto a estrutura impede a expansão ou contração, porém esta rigidez da estrutura pode causar tensões internas no material, ou até gerar uma tensão localizada e uma possível trinca que pode causar a ruptura.

Para desenvolver este trabalho alguns dados necessários foram obtidos através da indústria fabricante deste mancal.

Inicialmente modelou-se o mancal em um programa CAE através dos dados das dimensões fornecidas pelo fabricante, conforme mostra a Fig. (1).

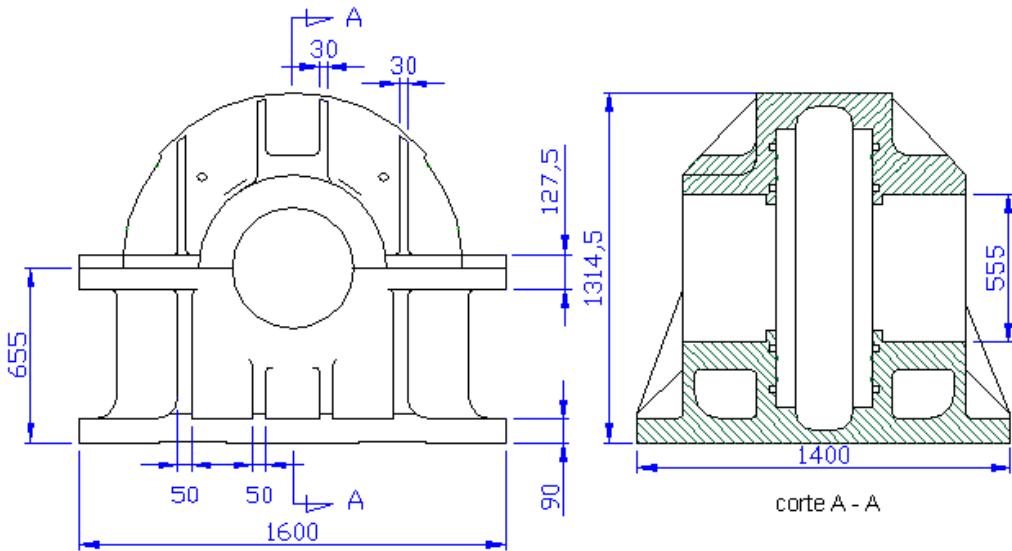


Figura 1. Vista frontal e em corte do mancal

Considerando-se que este mancal está sujeito a uma carga axial (1500 KN) e uma carga radial (800 KN) além do peso próprio e estas geram tensões, que acrescentadas às tensões causadas pela temperatura são analisadas neste trabalho.

## 2.1. Apresentação dos Dados

Para que haja uma simulação consistente procurou-se utilizar valores mais próximos possíveis daqueles que ocorrem no modelo real. A Tab. (1) mostra os valores que foram utilizados nesta simulação.

Tabela 1 – Dados utilizados na simulação

Dados	Valores
Carga axial	1500 KN
Carga radial	800 KN
Temperatura do filme lubrificante	100 °C
Temperatura ambiente	25°C
Coeficiente de transferência de calor para o meio ambiente	8 W/m <sup>2</sup> *°C

Na simulação foi considerado o material como ferro fundido GGG40 e algumas de suas propriedades são citadas na tab. (2).

## 2.2. Condições de Contorno

Considerando-se a carcaça do mancal simétrica como mostrado na Fig. (1) optou-se por fazer a simulação num corte A-A para facilitar o processamento computacional, uma vez que todos os dados gerados nesta estrutura são simétricos.

Tabela 2 – Algumas Propriedades Mecânicas

Propriedades Mecânicas	Valores
Módulo de elasticidade:	170 KN/mm <sup>2</sup>
Resistência à tração:	400 N/mm <sup>2</sup>
Coeficiente de Poisson:	0,28
Densidade:	$7,8 \times 10^{-6}$ Kgf/mm <sup>3</sup>
Coeficiente de condutividade térmica	51,9 W/m*°C
Coeficiente de expansão térmica	$12,1 \times 10^{-6}$ K

Para que a simulação viesse a ser coerente com a realidade foram utilizados os seguintes parâmetros:

- Como existe uma faixa de temperatura de trabalho do lubrificante, admite-se que esta não deverá ultrapassar a temperatura máxima que o lubrificante suporta. Caso esta temperatura seja excedida será então necessário a utilização de um sistema de refrigeração para o óleo lubrificante. Adotando como uma situação crítica a temperatura do filme lubrificante de 100C° pode-se realizar a simulação da distribuição da temperatura em toda a carcaça do mancal.
- Considerou-se o efeito da perda de calor por convecção para o meio ambiente.
- O efeito da temperatura foi aplicado na região marcada com pontos amarelos como mostra a Fig. 2.
- A área de base pertencente ao plano X-Z Fig. (2) está em contato com o solo, então os movimentos nesta área foram restringidos no sentido Y.
- Foi considerado que há restrições de deslocamento na direção Z devido ao contato entre as duas metades da carcaça.
- Na região onde os parafusos são fixados considera-se que não existe deslocamento no sentido X.

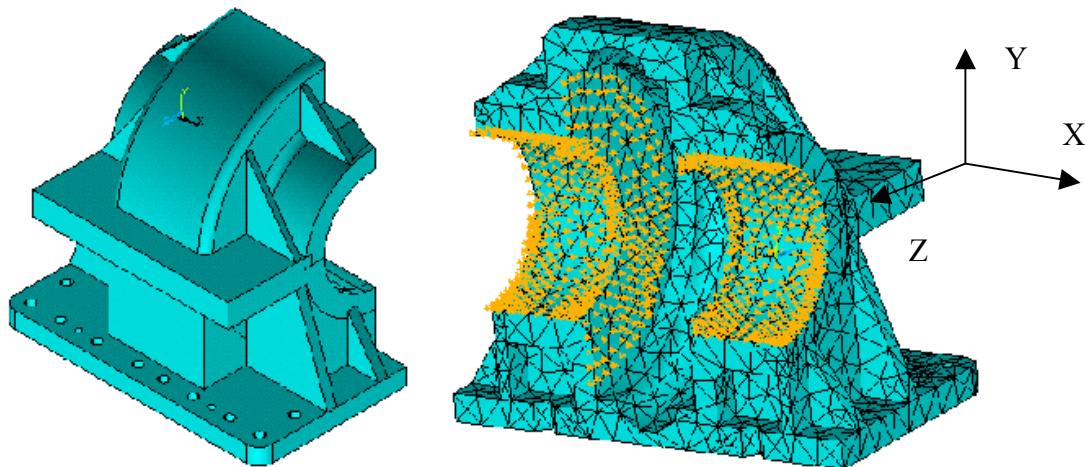


Figura 2. Modelo tridimensional do mancal

### 3. RESULTADOS

A partir dos valores estabelecidos e fazendo a análise usando o Método de Elementos Finitos (MEF) pode-se determinar as principais regiões de concentração de tensões envolvidas na carcaça. Com a finalidade de verificar os pontos de concentração de tensão, usando as condições de contorno foram feitas várias análises para obter os resultados teóricos e deformações nos pontos críticos do mancal.

Neste trabalho realizou-se uma simulação levando-se em consideração apenas a distribuição da temperatura e outra se levando em consideração o carregamento e a temperatura.

Um dos fatores que devem ser analisados para verificar a coerência da simulação em estudo são os deslocamentos que ocorrem nos sentidos de X, Y e Z. Esta simulação referente ao mancal é ilustrada na Fig. (3). Neste caso o valor máximo do deslocamento devido ao efeito da temperatura é representado em vermelho, e foi de 0,787 mm.

Os valores da distribuição de temperatura na parte interna da carcaça são mostrados na Fig. (4)

Observe na Fig. (5) os valores das tensões distribuídas na estrutura considerando-se apenas os efeitos da temperatura. Os valores das tensões estão expressos em (Mpa) na legenda a direita. O local indicado com uma seta indica a região em que está ocorrendo a maior concentração de tensões.

Considerando apenas a presença do carregamento estático e o peso próprio exercido sobre a estrutura, a distribuição de tensões ficaria conforme mostra a Fig. (6).

Na Fig. (7) é apresentada a distribuição de tensões levando-se em conta os valores do carregamento estático e peso próprio somado aos efeitos da temperatura.

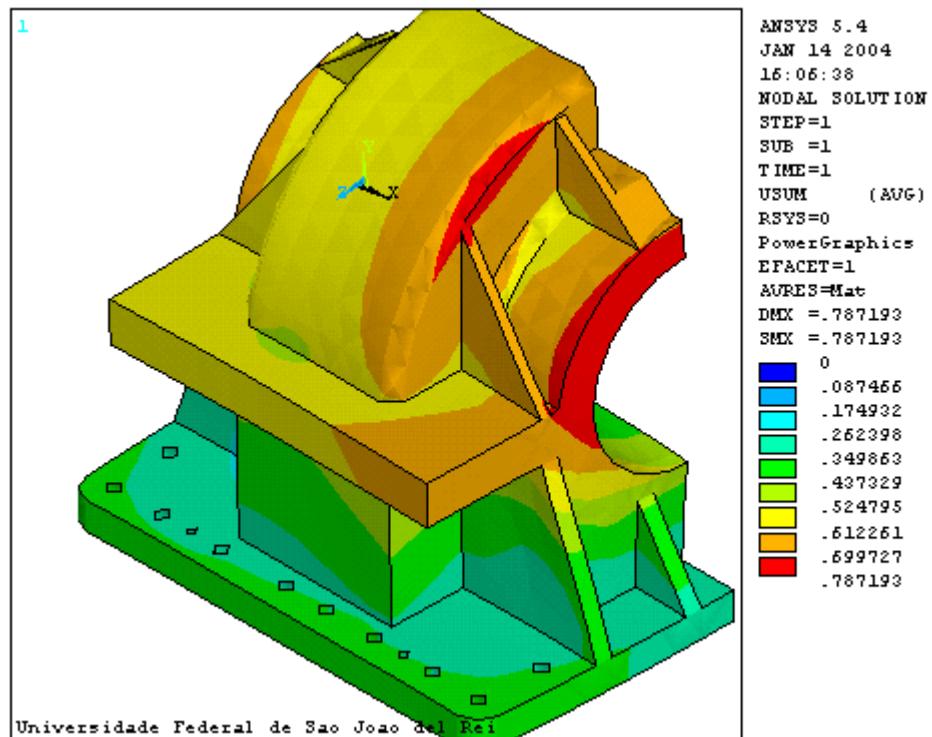


Figura 3. Descolamentos ocorridos no mancal

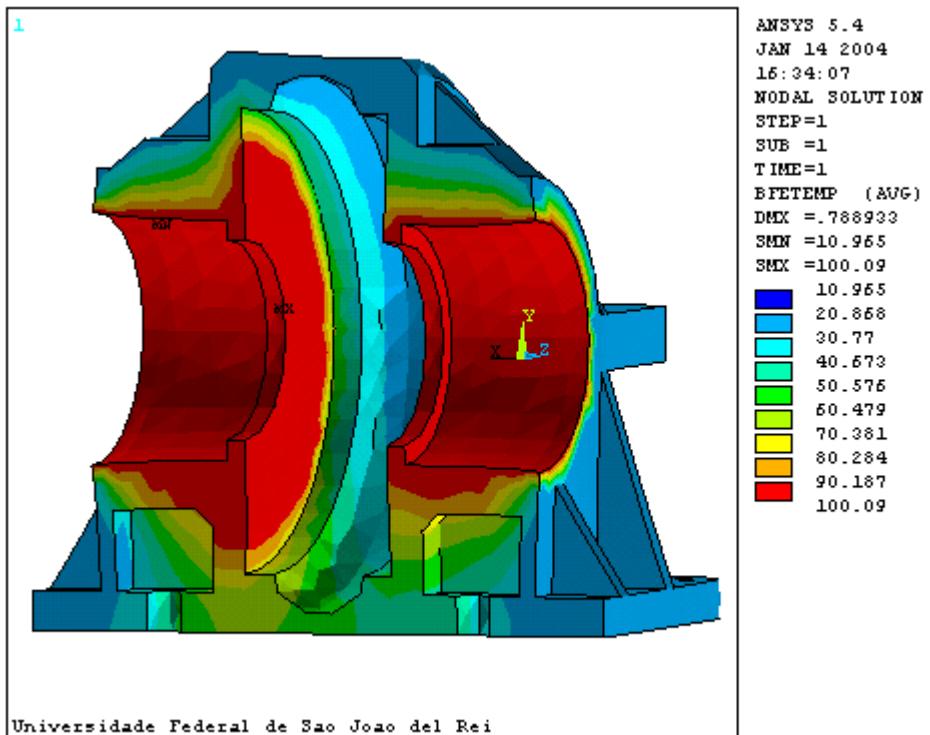


Figura 4. Distribuição da temperatura na carcaça

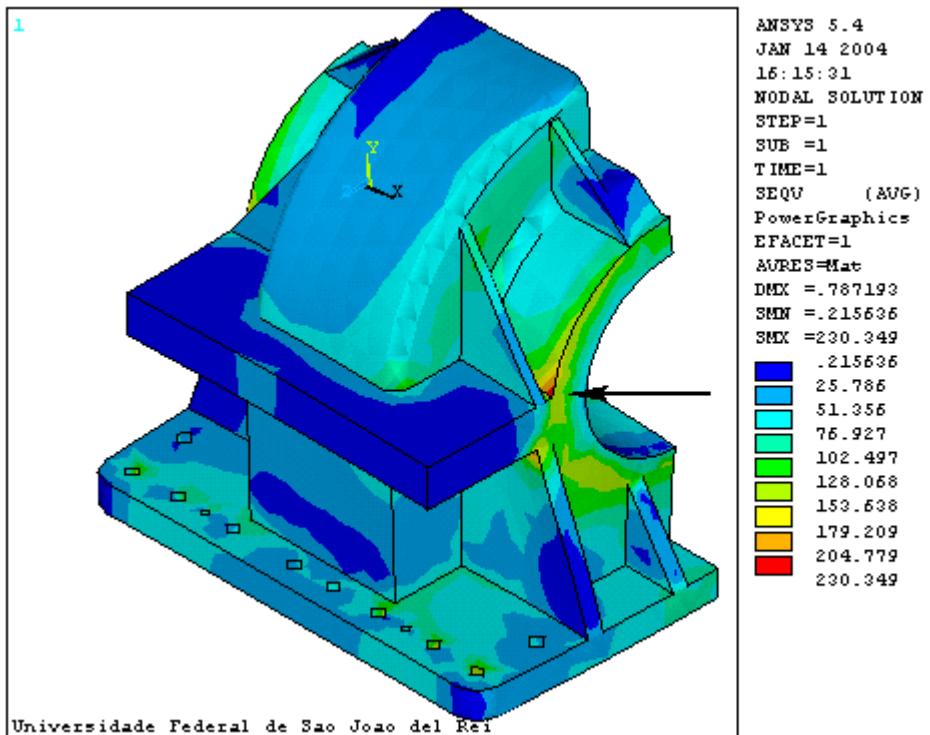


Figura 5. Distribuição das tensões geradas a partir do efeito da temperatura

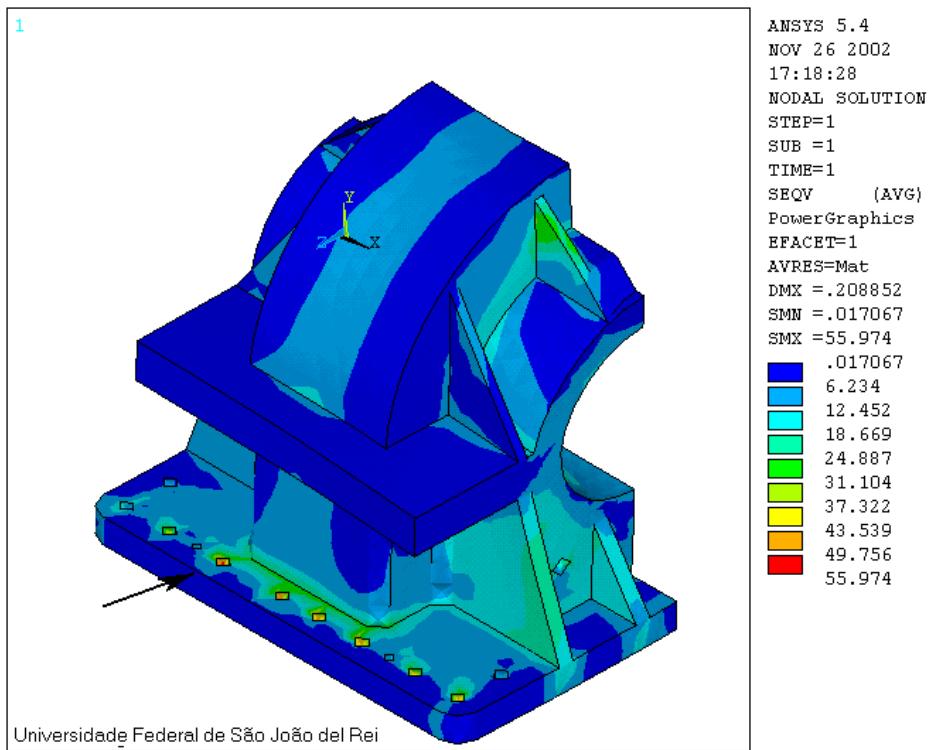


Figura 6. Distribuição das tensões geradas pela presença do carregamento estático mais o peso próprio da carcaça

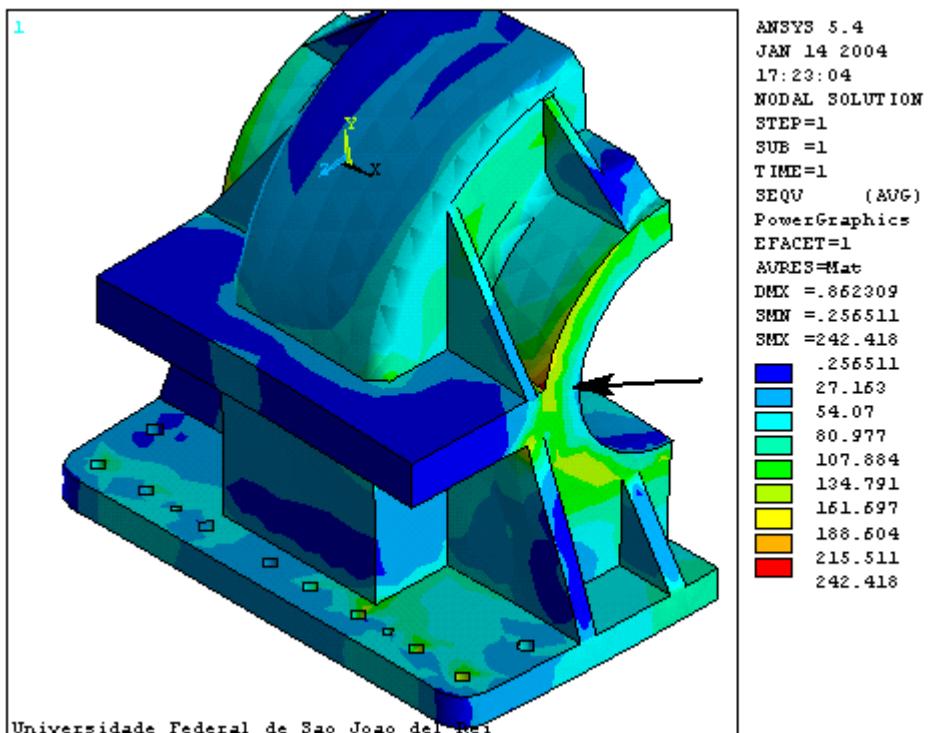


Figura 7. Tensões geradas através do carregamento estático e peso próprio somado ao efeitos da temperatura

## 4. CONCLUSÃO

Considerando as simulações realizadas, observou-se que para o fator temperatura houve uma maior concentração de tensões se comparado com os efeitos somente do carregamento e seu peso próprio, sendo a dilatação térmica o fator predominante para o alto valor de tensão na região crítica.

Pode se constatar que o efeito da temperatura associado aos carregamentos não causaram falhas na estrutura, porém observou-se que os valores críticos das tensões estão próximos aos valores de tensão máxima. Sugere-se que estas regiões da estrutura sejam reforçadas, além de se evitar nesta região a presença de cantos vivos.

Em diferentes áreas da engenharia, com o atual mercado competitivo em que se precisa produzir mais e melhor, a utilização de sistemas CAD/CAE/CAM vem sendo exigida. O método numérico possibilita a determinação das tensões com razoável precisão, tornando-se uma ferramenta extremamente útil na elaboração de grande parte dos projetos. O engenheiro realizará tantos testes quantos necessários, com custos reduzidos e menos tempo, resultando em maior competitividade.

Este trabalho teve como objetivo fazer simulações no mancal de forma a fornecer dados para que o projetista possa projetar de forma mais econômica e com menores probabilidades de falhas.

## 5. BIBLIOGRAFIAS e REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ansys 1994 “Expanded Ansys Workbook”.

Hecht F. & Pironneau O, 1999 “Multiple Unstructured Meshes and the design of freefem” Rapport de recherche INRIA.

Hicks, T.G. Coordinating Editor, 1995, “Standard Handbook of Engineering Calculations” 3 rd Edition, McGraw-Hill, New York.

Motta, G. D. 1997 “A Engenharia Virtual é Realidade, CADware Technology” 5, págs. 28-30, Brasil.

Ozisik, M. N., 1990, “Transferência de Calor: Um Texto Básico”, Editora Guanabara.

Silva, A. S. C., 2002, “Um sistema de auxílio ao projetista de peças fundidas através da integração entre técnicas DMF e projeto auxiliado pôr computador” São Carlos. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Silva, V. R. V. “Análise estrutural de uma bicicleta através de simulação técnica de multicorpos e elementos finitos” São Carlos. Dissertação (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1999.

Spyrakos, C. C. et al., 1997, “Linear and Nonlinear Finite Element Analysis in Engineering Practice” Algor Publishing Division, EUA.

# NUMERICAL ANALYSIS OF STRESSES GENERATED BY THE TEMPERATURE EFFECT IN A AXIAL JOURNAL BEARING

**Flávio Augusto Coelho Resende**

Universidade Federal de São João del Rei, Departamento de Mecânica, Praça Frei Orlando, 170, São João del Rei, MG, Brasil - CEP 36307-904. [flaviocoelho@pop.com.br](mailto:flaviocoelho@pop.com.br)

**Alex Sander Chaves da Silva**

Universidade Federal de São João del Rei. [achaves@ufs.edu.br](mailto:achaves@ufs.edu.br)

**Romualdo Augusto**

Universidade Federal de São João del Rei. [engenharia.bo@holcim.com](mailto:engenharia.bo@holcim.com)

**Vânia Regina Velloso Silva**

Universidade Federal de São João del Rei. [yelloso@ufs.edu.br](mailto:yelloso@ufs.edu.br)

**Abstract.** *On the whole, when a specialist projects a mechanism, he always needs multiple knowledges in many different fields, like: Materials, process, engineering, etc. These informations can be obtained from literary sources or another specialists. To axial journal bearings analyses what add the projectors are the computer tools, like CAD and CAE. Through these ones is possible to analyze the stresses and deformation distribution generated by the static load, carcass weight and heat generated in the journal bearing and check the critical points, it means, possible fails in the structure. The model was analyzed by the finite element method (FEM), being conceived to simulate the real behavior of a axial journal bearing submitted to the mentioned loads and heat expansion effect. This technique was used to analyze the stresses and deformations generated trying to minimize them.*

**Key Words.** Numerical Methods, Stresses Analysis, Axial Journal Bearing.