



Instituto Politécnico, Nova Friburgo

August 30<sup>th</sup>- September 3<sup>rd</sup>, 2004

Paper CRE04 – PM21

## Investigação dos Pontos das Tensões Atuantes em uma Biela de Motor Ciclo Otto

Marco Paulo S. Waihrich<sup>1</sup> e Jorge Luiz A. Ferreira

Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, 2004.  
marcoenm@hotmail.com, jorge@unb.br

### 1. Introdução

O objetivo desse trabalho é evidenciar os pontos onde as tensões atuantes são mais expressivas para que, num futuro, se possa desenvolver e apresentar uma metodologia de avaliação de integridade estrutural de componentes estruturais submetidos a carregamentos alternados. No caso específico serão avaliados os esforços em uma biela de um motor do ciclo Otto de quatro cilindros, 1300 cm<sup>3</sup> de volume e aproximadamente 70 CV de potência. Os pontos de concentração serão determinados pelo método dos elementos finitos e os esforços determinados por meios analíticos.

### 2. Metodologia

Esse estudo consiste na determinação analítica e numérica dos esforços máximos atuantes no componente estudado. Isso foi realizado com o objetivo de determinar os pontos onde as tensões são mais intensas, evidenciando assim os pontos críticos da geometria estudada.

Inicialmente a massa da biela foi discretizada através do método da Discretização da Massa em Dois Pontos. Esse método consiste em alocar a massa nas extremidades e também em torno do centro de massa. Esse método se torna eficiente porque alcança uma perfeita semelhança dinâmica com o caso real.

Foi feito o equacionamento do movimento da biela para determinar as forças, alcançando o seguinte:

$$F_{AH} = P - (m_p + m_1) \left[ r\omega^2 \left( \cos \theta + \frac{1}{n} \cos 2\theta \right) + r\ddot{\theta} \left( \sin \theta + \frac{1}{2n} \sin 2\theta \right) \right] \quad (1)$$

$$F_{AV} = F_{AH} \tan \alpha \quad (2)$$

Essas equações representam a força atuando longitudinalmente e perpendicularmente na biela. O valor máximo da força longitudinal ocorrerá no ponto morto superior, tendo o valor de:

$$F_{AH_{m\acute{a}x}} = P_{m\acute{a}x} - (m_s + m_1) \left[ r\omega^2 \left( 1 + \frac{1}{n} \right) \right] \quad (3)$$

Após o equacionamento e determinação das forças, foi realizado o processo computacional. Foi estabelecido que o estado de tensões seria plano.

Gerada a geometria, o passo seguinte foi especificar as propriedades do material (Módulo de Young e isotropia). Feito isso, decidiu-se por refinar a malha nos arcos externos

correspondentes ao *cranckpin* (local de contato da biela e do eixo) e ao *wristpin* (local de encaixe do pino do pistão). Refina-se a malha nessa região por que os estudos indicam que são esses os pontos críticos.

Limitou-se o deslocamento da biela no eixo das ordenadas em três pontos situados no *cranckpin* e em outros três situados no *wristpin*. Com isso, visa-se a obtenção de uma condição semelhante a do funcionamento real. A biela será carregada no *cranckpin* e no *wristpin*, com as cargas máximas encontradas nos procedimentos analíticos.

De posse das equações, o passo seguinte foi determinar as forças. Para isso, o regime considerado de funcionamento do motor foi 5250 rpm. Esse é o regime em que a potência é máxima. A pressão originada na câmara de combustão na explosão é da ordem de 7,0 MPa. Baseado nisso e na geometria do motor foi possível estimar a força exercida. Seu valor é de 27.558,427 N. A força de inércia tem o valor de 32.288,491 N. Logo a força total é de 59.846,92 N.

### 3. Resultados

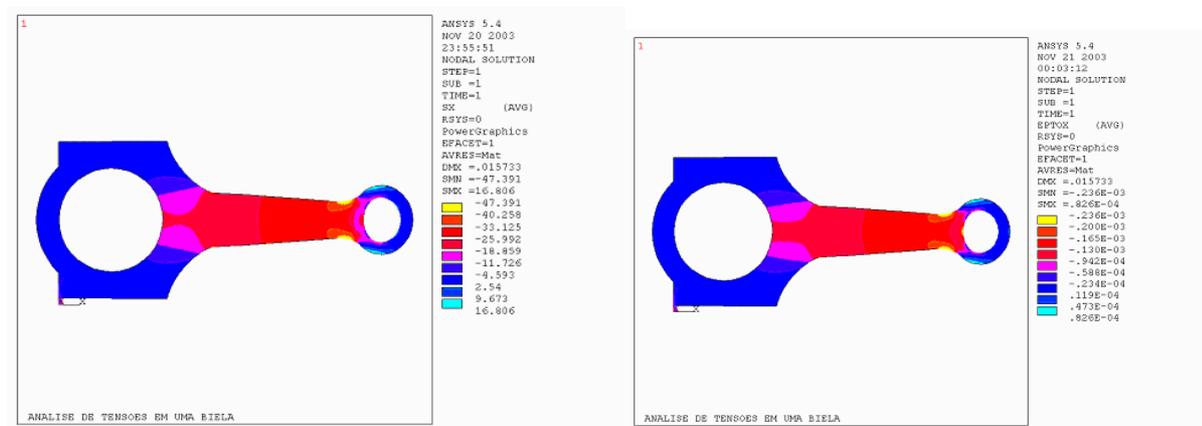


Figura 1: tensão e deformação na biela.

Na figura 1 pode-se perceber que os pontos de maior concentração de tensões se situa próximo ao *wristpin*.

### 4. Conclusões

Após o cálculo das forças ficou evidenciado que a maior parcela da mesma é causada pela explosão dentro da câmara de combustão, cerca de 93% para os valores obtidos.

Pelos gráficos gerados no programa de elementos finitos, viu-se que os pontos de maior tensão se localizam nos entalhes do pescoço, próximo ao ponto de encaixe do pino do pistão (*wristpin*) e da raiz da biela, perto do ponto de encaixe do virabrequim (*cranckpin*), chegando a valores máximos de 47 MPa. Mesmo assim, é importante salientar que os esforços são significativos em todo o corpo que liga os dois pontos de encaixe. Obviamente, nesses pontos ocorrem as maiores deformações, também indicadas pelos gráficos.

Pela análise dos resultados, viu-se que a explosão é responsável por mais de noventa por cento da força atuante na biela. Devido aos resultados computacionais, o ponto crítico situa-se muito perto do pistão, pois a espessura da biela foi considerada constante em toda a sua extensão.

De posse dessas informações, seria interessante considerar uma possível instrumentação do componente estudado. Esse estudo revelou os pontos que podem ser instrumentados.