

# ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA INSERÇÃO DE FUROS PARA ALÍVIO DE TENSÕES EM ENGRENAGENS DE DENTES RETOS

Guilherme S. Gonçalves, [guilhermeg.unb@gmail.com](mailto:guilhermeg.unb@gmail.com)

Matheus B. A. M. Oberg, [matheus.oberg@gmail.com](mailto:matheus.oberg@gmail.com);

Carla T. M. Anflor, [anflor@unb.br](mailto:anflor@unb.br);

Universidade de Brasília, Caixa Postal 8114, CEP 71405-610, Gama, DF

**RESUMO:** Este trabalho tem por objetivo analisar a influência da inserção de furos em engrenagens através de um modelo de elementos finitos idealizado em ANSYS. Foi modelada uma engrenagem de dentes retos com 50 dentes, onde se considerou, para análise bidimensional, um quarto da geometria original. Para efeito de análise foi escolhido o elemento finito PLANE82, por suas características atenderem os graus de liberdade da engrenagem. Para controle da tensão equivalente de Von Mises no interior do modelo, foi gerada uma linha a 45 graus ligando o centro da engrenagem a extremidade do dente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Engrenagem, elementos finitos, alívios

**ABSTRACT:** The main objective of this work relies on analyzing the holes insertion in the gears by a finite element model, through ANSYS. A gear was modeled with 50 teeth, where was considered for bidimensional analysis, a quarter of the original geometry. For analysis effect, was chosen the finite element PLANE82 due to its characteristics perform the gear degrees of freedom. In order to attain control of the Von Mises stress inside the model, a line with 45 degrees was generated linking the center to the extremity of the gear.

**KEYWORDS:** Gear, finite element method, reliefs

## INTRODUÇÃO

No contexto mundial atual tem-se buscado cada vez mais a melhora no desempenho das máquinas, tornando-as mais competitivas do ponto de vista econômico e de engenharia. Em discos de freios é muito comum geometrias bem trabalhadas com o objetivo de aumentar a eficiência da dissipação de calor. Seguindo esta linha este trabalho é então direcionado ao estudo da topologia das engrenagens. Neste contexto este trabalho visa à análise da inserção de alívios em engrenagens de dentes retos, tanto em caráter tensional como inercial. Como resultado busca-se uma redução de volume sem que haja perda de eficiência em sua configuração estrutural.

## METODOLOGIA

Para efeito de estudo, foi escolhida uma engrenagem de dentes retos, construída segundo a norma ANSI/AGMA – 2001-D04. As características desta engrenagem estão apresentadas conforme tabela 1.

**Tabela 1.** Características da engrenagem utilizada

Item	Dados
Nº de dentes	50
Diam. primitivo	150 mm
Âng. de pressão	20°
Adendo	3,0225 mm
Dedendo	4,523 mm

## Modelagem numérica

Usando o método convencional de elementos finitos a

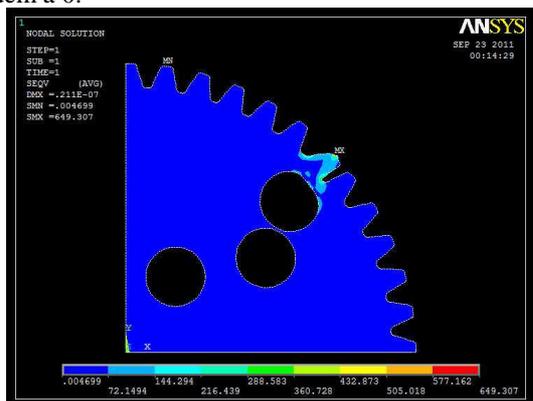
matriz rigidez global [K] foi obtida para a engrenagem sobre a qual foi estabelecida a malha. Se as forças externas nos nós são conhecidas, então o sistema de equações pode ser escrito como na Eq.1.

$$[K]\{U\}=\{F\} \quad (1)$$

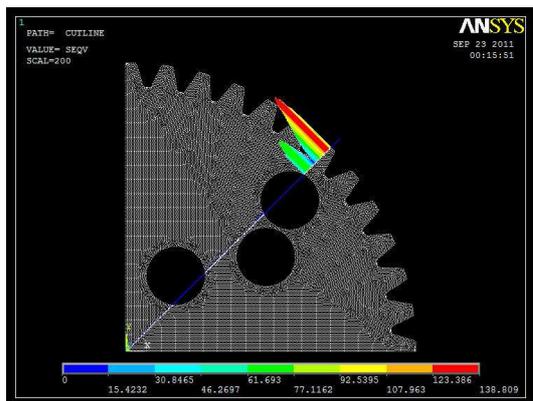
Onde {U} é o vetor do deslocamento nodal, [K] é a matriz de rigidez e {F} é o vetor da força nodal. A tensão é calculada uma vez que o campo de deformação foi determinado. Empregando o método dos elementos finitos, foi gerado um modelo bidimensional no ANSYS de um quarto de simetria da engrenagem em estudo. Este modelo tem por objetivo analisar a influência da inserção de furos no domínio da engrenagem. O elemento finito escolhido foi o PLANE82 por apresentar 8 nós e comportar-se bem com modelos de contornos curvos. Para análise da distribuição de esforços dentro da engrenagem (Budynas e Nisbett, 2011) foi criada uma linha de nós a 45 graus ligando o centro da engrenagem ao centro da extremidade do dente. A linha é constituída de 1000 nós e em cada um dos nós foi calculada a tensão equivalente de Von Mises. A carga aplicada no dente foi de 4850N. Foram aplicadas condições de contorno de engaste na base e na lateral do modelo, restringindo-se deslocamentos horizontais e verticais, respectivamente (Jena, 2009). A partir dos resultados obtidos dos nós desta linha será possível analisar o campo de tensões à medida que furos vão sendo incluídos no domínio da engrenagem. Outro fator avaliado foi a posição dos furos. Os resultados dos nós desta linha foram exportados para o Matlab e gráficos de distribuição da tensão foram gerados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

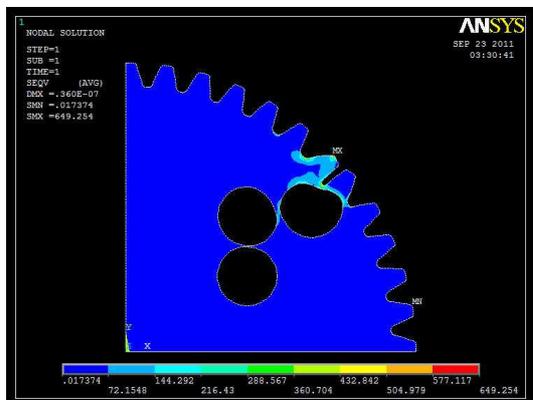
Utilizando a metodologia explicada, foram analisadas três configurações distintas. Para cada configuração foram obtidos o campo de deformações, a distribuição de esforços, assim como as tensões equivalentes atuantes nos nós da linha definida. Foram analisadas, ao todo, 3 configurações distintas, onde é possível verificar na posição em que a linha atravessa os furos, as tensões tendem a 0.



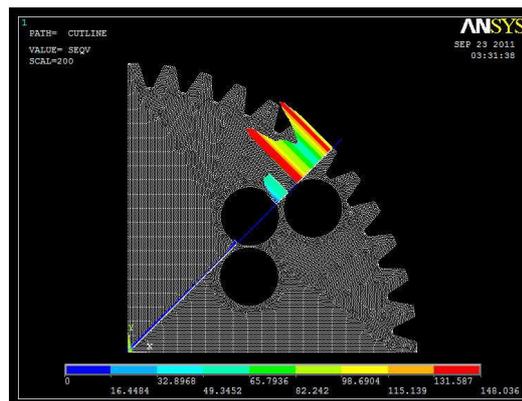
**Figura 1.** Configuração 1: Furos distribuídos ao longo da linha



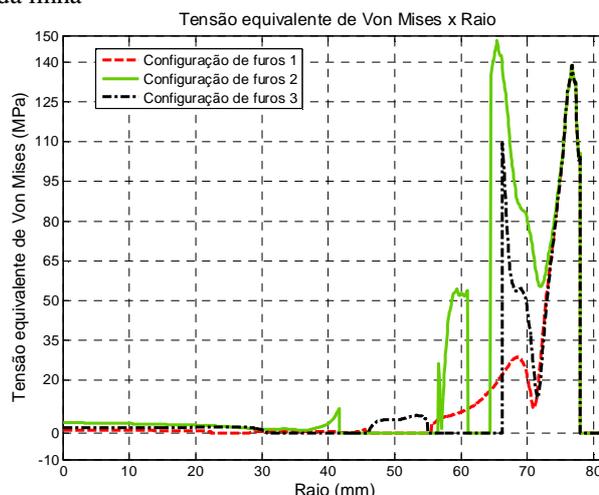
**Figura 2.** Configuração 2: Esforços distribuídos ao longo da linha



**Figura 3.** Configuração 3: Furos agrupados próximo a raiz do dente



**Figura 4.** Configuração 2: Esforços distribuídos ao longo da linha



**Figura 5.** Gráfico comparativo das configurações analisadas.

## CONCLUSÃO

A partir dos resultados das análises, detectou-se que a variação da posição dos furos gera alteração no campo de tensões, e que a partir de certa distância próxima à raiz do dente, independentemente do posicionamento dos furos de alívio a curva de tensão ao longo da linha definida não sofre mais variação. A partir dos resultados obtidos, o próximo passo natural para dar continuidade a este trabalho será inserir um processo de otimização topológica para determinar a posição ótima dos furos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte ao CNPQ.

## REFERÊNCIAS

- Jena, P.K., 2009, "Static and Dynamics Analysis of HCR Spur Gear Drive Using Finite Elements Analysis", Department of Mechanical Engineering, National Institute of Technology, Rourkela.
- Budynas, R.G., Nisbett K. J., 2011, "Elementos de Máquinas de Shigley", 8ª Edição, Ed. AMGH.

## DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso contido neste artigo.