

# Otimização Heurística Multiobjetiva de Suspensão de Ônibus

## Baseada no Método de Enxame de Partículas Quânticas

Grupo de Pesquisa em Risco, Identificação e Quantificação de Incertezas, Grupo de Mecânica Aplicada,  
Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Autor: Ewerton Grotti, e-mail: ewerton.grotti@hotmail.com

Orientador: Herbert M. Gomes, e-mail: Herbert@mecanica.ufrgs.br

### Motivação

Mesmo com o grande avanço tecnológico recente, a vibração em veículos automotores persiste. Além do desconforto, a vibração provoca problemas de saúde graves quando incidente por longos períodos. Dentre os problemas causados pela exposição prolongada à vibração estão: Irritação, cefaleia, aumento nos batimentos cardíacos, problemas cardíacos em geral, tensão muscular, impotência sexual e problemas na coluna vertebral. Para os motoristas de ônibus em especial, há uma tendência no desenvolvimento de distúrbios cervicais e lombares, problemas musculares e de articulações.

Foi utilizado um modelo de ônibus o qual alimentou o novo algoritmo de otimização multiobjetiva a fim de minimizar a vibração. O resultado final foi comparado com um algoritmo bastante popular, indicando bom desempenho do novo algoritmo proposto para o caso em questão.

### Método

Para realizar a otimização, um modelo de ônibus de 13 graus de liberdade foi usado na simulação da manobra de mudança dupla de faixa descrita na ISO 3888-1:1999. As excitações verticais dos pneus são dadas pelas ondulações padronizadas de rodovias descritas na ISO 8606:1995 (classe C com veículo a 80km/h). O modelo do ônibus foi baseado no IK-301 descrito por Sekulic *et al.* em 2013 e melhorado para simular também a dinâmica horizontal, possuindo novos graus de liberdade de guinada, rolagem e arfagem.

As funções multiobjetivo escolhidas foram as três acelerações verticais RMS resultantes no assento do motorista, e em dois passageiros estrategicamente posicionados. As variáveis de projeto assumidas foram as rigidezes e amortecimentos da suspensão do veículo, totalizando 10 variáveis. A figura 1 apresenta um esquema da suspensão.

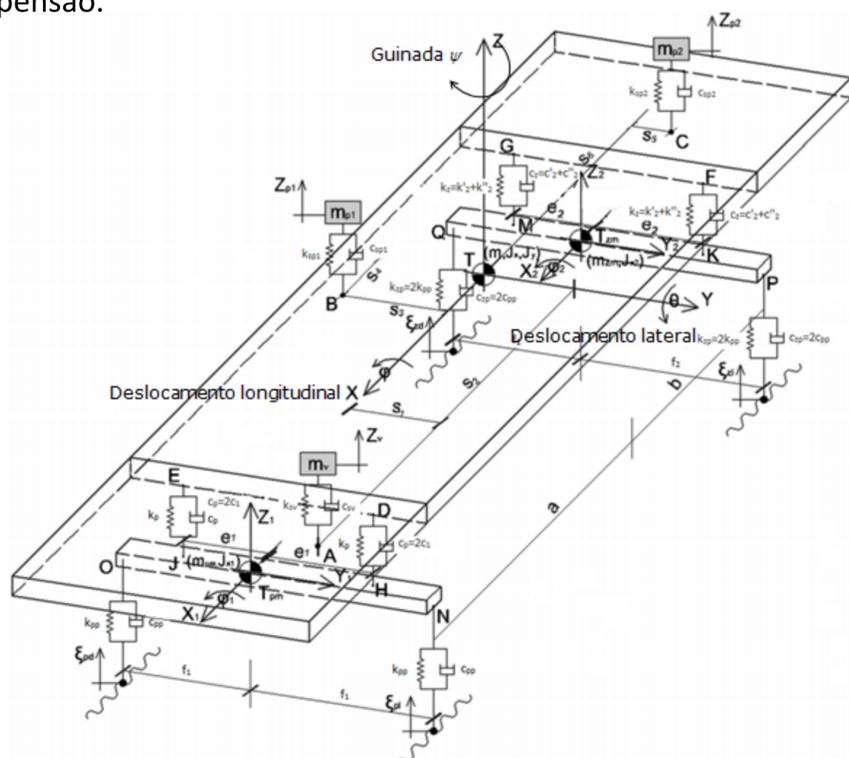


Figura 1 - Modelo da suspensão usado na otimização com 13 graus de liberdade (adaptado de Sekulic *et al.*, 2013)

### Algoritmos

A otimização foi realizada primeiramente com um algoritmo já consolidado: O NSGA-II. Em uma segunda instância, o modelo foi utilizado com o algoritmo desenvolvido: o MOQPSO (*Multi-objective Quantum Particle Swarm Optimization*). O algoritmo em questão é inspirado na otimização baseada em enxame de partículas quânticas simples (QPSO), proposta por J. Sun *et al.* em 2004.

### Resultados

Observando a figura 2 nota-se que o MOQPSO obteve uma fronteira mais avançada e mais abrangente, a qual atingiu pontos não descobertos pelo NSGA-II. A fronteira gerada pelo MOQPSO possui, porém, menor homogeneidade. A figura 3 mostra a fronteira de Pareto do MOQPSO para um número maior de iterações. O novo algoritmo também foi testado em funções de benchmark da literatura, obtendo resultado competitivo.

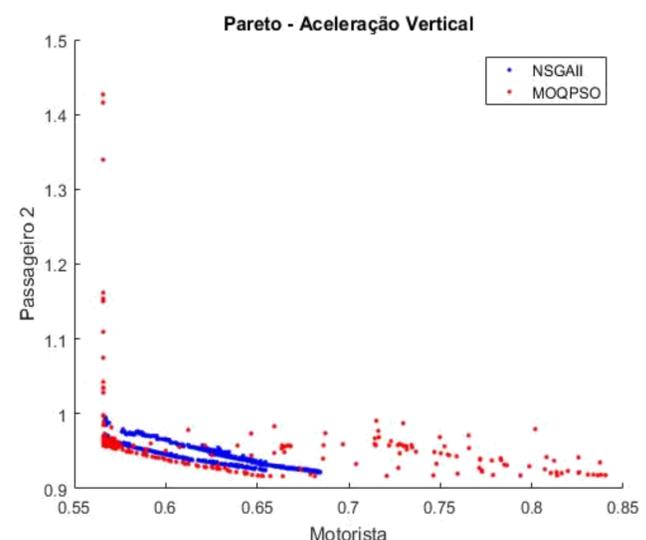


Figura 2 - Comparação entre os algoritmos NSGA-II e MOQPSO após 135 324 chamadas da função objetivo

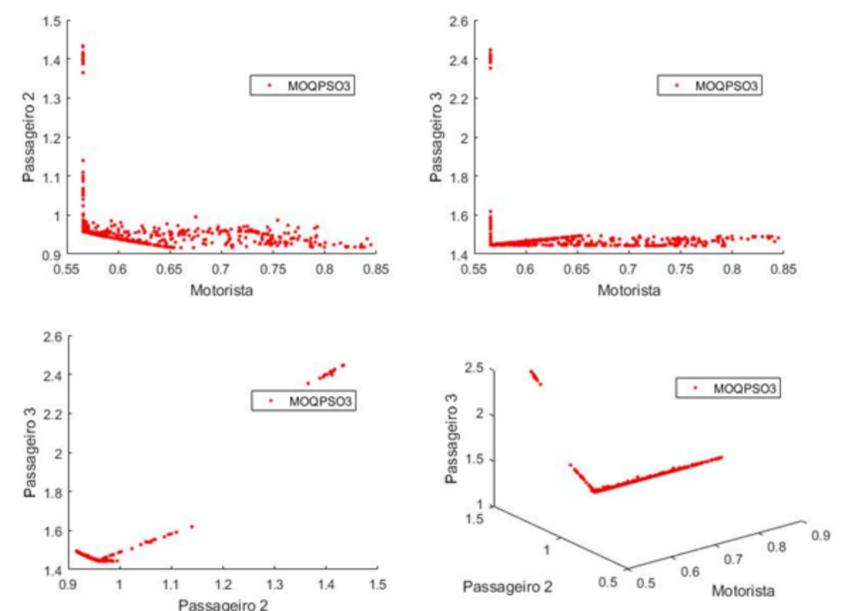


Figura 3 - Fronteira de Pareto tridimensional para 291932 chamadas da função objetivo.