

## Otimização de ressonadores internos para o projeto de metaestruturas quasi-periódicas

Matheus Cunha Prado

Prof. Dr. Marcelo Areias Trindade

Universidade de São Paulo

mcprado10@usp.br

### Objetivos

Metamateriais e metaestruturas possuem várias aplicações, tais como atenuação de ruído e vibrações, absorção e isolamento acústico, redução de choques e vibração, controle e focalização de propagação de ondas, entre outras. São inspirados em cristais fonônicos que exibem *bandgaps*, que são faixas de frequências nas quais ondas elásticas e acústicas não propagam. Estes dependem de propriedades dos ressonadores locais, que atuam como absorvedores de vibração, e não da dimensão das células periódicas. Este conceito motivou a busca por estruturas projetadas com ressonadores locais baseados em metamateriais, chamadas de metaestruturas, que poderiam exibir *bandgaps* em baixa frequência em estruturas relativamente pequenas. Diversos grupos de pesquisa têm explorado a viabilidade de absorvedores de vibração em estruturas flexíveis leves, incluindo o uso de pequenos absorvedores de vibração mecânicos distribuídos. Existe um crescente interesse no uso de ressonâncias internas para aprimorar o controle de vibrações estruturais, enquanto que há espaço considerável para avanços nas técnicas e soluções existentes. O principal objetivo deste projeto de pesquisa é estudar a otimização de ressonadores internos em metaestruturas para aprimorar o controle de vibrações estruturais.

### Métodos e Procedimentos

Neste projeto desenvolveu-se o estudo de três modelos massa-mola discretos, nos quais considera-se massas e molas intercalados para a composição da barra de análise. Montou-se três sistemas, dentre os quais o padrão, que se compõe somente de massas e molas iguais como um modelo de repetição, o composto, no qual tem-se uma célula de repetição composta por duas massas diferentes para analisar tal comportamento e por fim o modelo com ressonadores, Figura 1, caso mais interessante no âmbito de geração dos *bandgaps* e sua otimização.

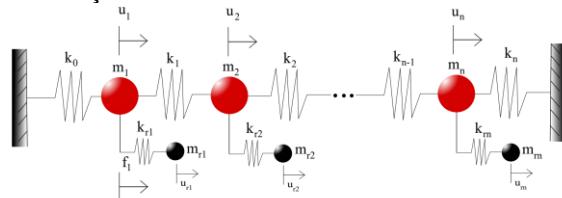


Figura 1: Modelo massa-mola com ressonadores

Após definidos os modelos a serem analisados optou-se pela simulação destes através do MATLAB. Inicialmente realizou-se uma análise geral dos sistemas de modo a obter suas equações governantes para que então a implementação pudesse ocorrer. Gerou-se modelos no espaço de estados para a obtenção das respostas gráficas em frequência e impulsivas de cada barra selecionada e a retirada de suas possíveis conclusões. Além disso, quando se tratando do sistema com ressonadores, parametrizou-se os valores a serem variados de maneira a manter a

verossimilhança com um caso aplicável, sem também alterar muito drasticamente o sistema principal com o acréscimo dos ressonadores.

## Resultados

Na análise do modelo com ressonadores, selecionou-se faixas para a variação da massa, frequência de sintonização e amortecimento destes. Ao variar o primeiro parâmetro, como apresentado na Figura 2, percebe-se um alargamento do *bandgap*, de modo que este se torna mais espaçado.

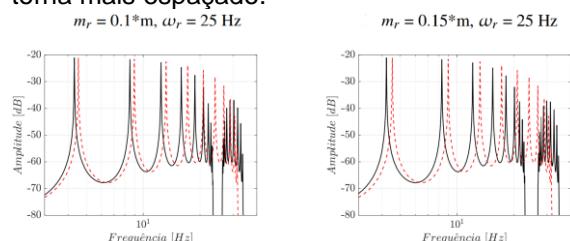


Figura 2: Função de Resposta em Freqüência para diferentes massas de ressonadores

Já ao variar o amortecimento pôde-se perceber uma redução global bastante proeminente das outras frequências de ressonância próximas ao *gap* no modelo, como disposto na Figura 3.

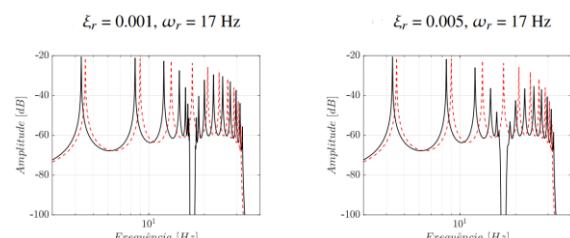


Figura 3: Função de Resposta em Freqüência em diferentes amortecimentos para os ressonadores

Pela resposta impulsiva foi possível perceber como um mesmo sistema com diferentes frequências de sintonização se assenta mais rapidamente e também possui menos componentes de formação dependendo da posição do *bandgap* (já que a entrada impulsiva excita todos os modos vibracionais).

Na Figura 4 utilizou-se do auxílio do valor RMS da resposta neste intervalo, tornando assim possível concluir que a frequência selecionada corrobora também para um valor médio de amplitude menor. Em todas as figuras os modelos pontilhados são referentes a um sistema padrão sem ressonadores equivalente.

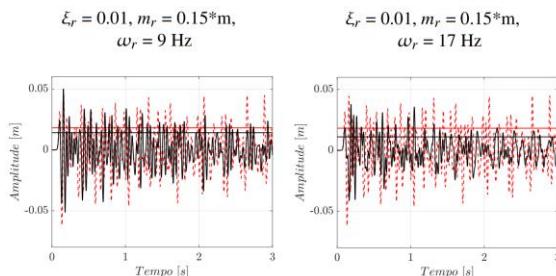


Figura 4: Resposta Impulsiva do modelo com comparativo RMS

## Conclusões

Diante dos dados obtidos no desenvolvimento analítico da barra discretizada realizado percebe-se que a relação utilizada para os valores de frequência de sintonização, fator de amortecimento e massa dos ressonadores permite que se maneje como melhor convier o *bandgap* criado. Entretanto, deve-se atentar às limitações impostas pelo sistema propriamente, ao passo que ressonadores de iguais massas podem gerar somente um *bandgap* e a faixa de frequências nas quais este é atuante é diretamente proporcional à massa dos ressonadores utilizados. Deste modo, deve-se obter um balanço entre efetividade e aplicabilidade, de modo que os ressonadores não possuam influência tamanha ao ponto de interferir significativamente na massa total do conjunto. O projeto ainda inclui em andamento a otimização e estudo de modelos contínuos de viga e placa com ressonadores.

## Referências Bibliográficas

- [1] M. I. Hussein, M. J. Leamy, and M. Ruzzene. Dynamics of phononic materials and structures: Historical origins, recent progress, and future outlook. *Applied Mechanics Reviews*, 66(4):040802, 2014.
- [4] C. C. Claeys, K. Vergote, P. Sas, and W. Desmet. On the potential of tuned resonators to obtain low-frequency vibrational stop bands in periodic panels. *Journal of Sound and Vibration*, 332(6):1418–1436, 2013.
- [8] P. Frank Pai. Metamaterial-based broadband elastic wave absorber. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 21(5):517–528, 2010.