

# **PROJETO ACÚSTICO ÓTIMO DE SALAS DE ESCUTA**

**Luciana Maria Gregolin Dias**

**Orientador: Prof. Marcelo Gomes de Queiroz**

# Objetivos

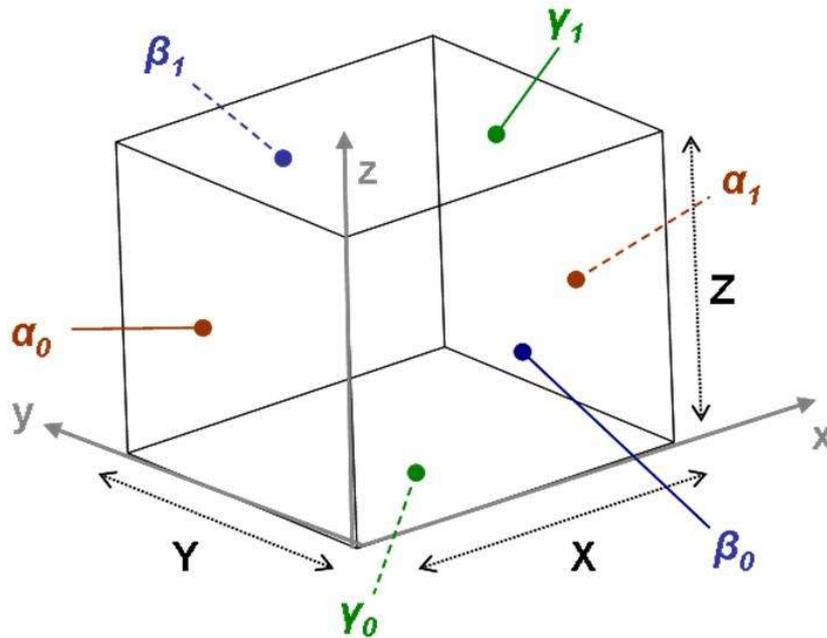
- Simular computacionalmente o comportamento acústico de uma sala de escuta cubóide, para efetuar uma busca automática das localizações mais adequadas para uma fonte sonora e um ouvinte.
- Contribuir com as pesquisas do projeto *AcMus* (ferramentas computacionais para medição, análise e simulação de salas acústicas).
  - <http://gsd.ime.usp.br/acmus/>

# Motivação

- Em salas de escuta, mudanças nas posições da fonte e do ouvinte podem gerar diferenças no comportamento de cada frequência.
- Forma ideal de quantificar as distorções harmônicas: medições no local - inviável em *projetos* de salas.
- Solução: simular computacionalmente o comportamento acústico das salas para quantificar as distorções e encontrar as localizações que as minimizam.

# Modelo de uma Sala de Escuta

## Dados necessários para a simulação



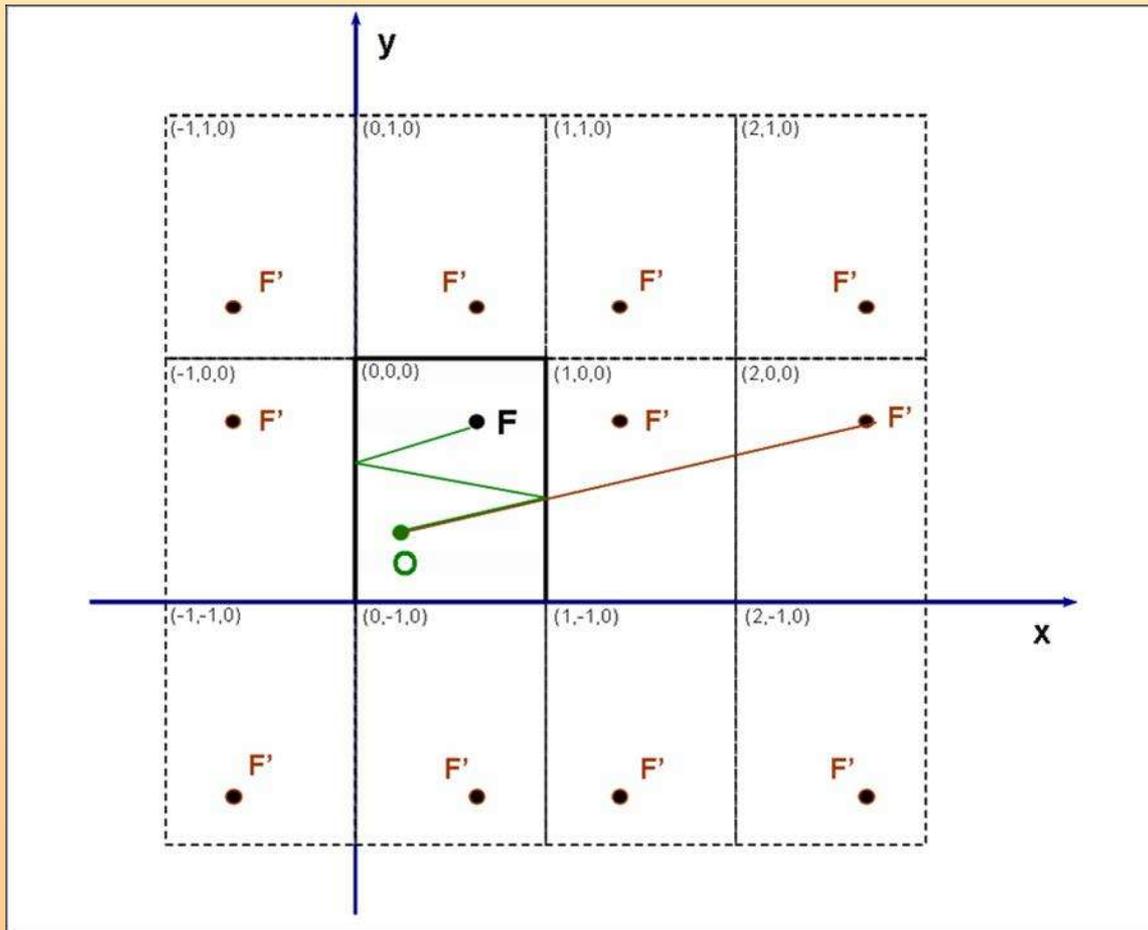
- $X, Y, Z$ : dimensões da sala;
- $\alpha_j, \beta_j, \gamma_j$ : coeficientes de absorção das superfícies.

# Simulação Acústica Computacional

- 1. Fixação de posições para fonte e ouvinte.
- 2. Geração de um *mapa temporal* das reflexões na sala através do modelo de fontes virtuais (**Resposta Impulsiva**).
- 3. Aplicação da transformada de Fourier (algoritmo *FFT – Fast Fourier Transform*).
- 4. Obtenção da **Resposta de Freqüência** – atenuação ou amplificação sofrida por cada freqüência.

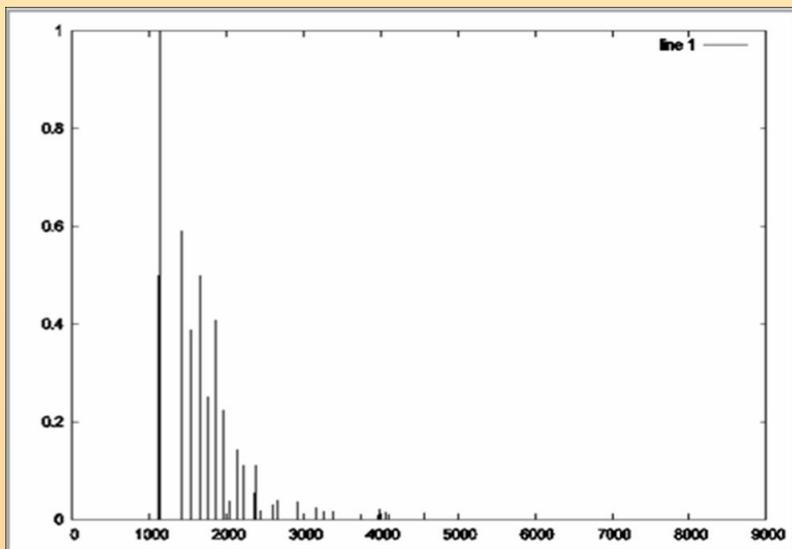
# Simulação Acústica Computacional (2)

## Modelo das Fontes Virtuais



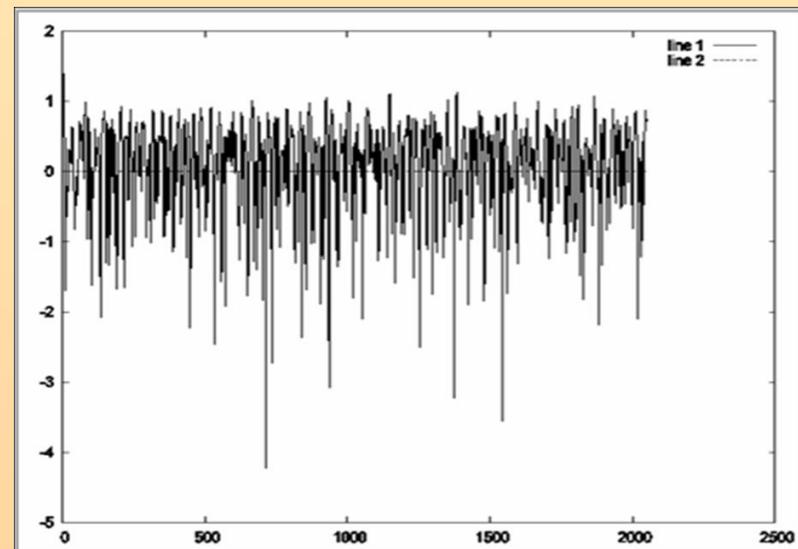
Fornece fórmulas fechadas para localização das fontes virtuais e para o cálculo da atenuação total sofrida por cada reflexão.

# Simulação Acústica Computacional (3)



**Resposta Impulsiva**

FFT



**Resposta de Frequência**

- Estimativa da distorção harmônica: desvio padrão entre a resposta de frequência obtida e a *resposta plana*.

# Busca das Localizações Ótimas

- Estratégia: uso de algoritmos de **otimização global** para minimizar a distorção harmônica (= função objetivo).
- O algoritmo de busca percorre uma série de localizações de fonte e ouvinte até encontrar as posições que geram menor distorção harmônica dentre as visitadas.

# Busca das Localizações Ótimas

## Algoritmos implementados

- Método *Density Clustering*
  - Estocástico (possui um componente de busca aleatória).
  - Duas fases: global (sorteio de pontos viáveis) e local (aplicação de um procedimento de minimização local a alguns dos pontos sorteados).
- Método baseado em grades
  - Determinístico.
  - Examina direções de descida em uma seqüência de grades sucessivamente refinadas.

# Conclusões

- O algoritmo *Density Clustering* encontra localizações melhores do que o método baseado em grades (com menor distorção harmônica), porém em tempo de execução maior.
- Contribuições originais: uso de otimização global e disponibilização da implementação em código aberto.

# Possíveis extensões do projeto

- Implementação de outros métodos de otimização.
- Consideração de outras geometrias de sala.
- Consideração de outros fenômenos acústicos, como difração e difusão.