

# Atividade Prática 2

Professor Daniel Campos — UTFPR-AP

14 DE OUTUBRO DE 2025

## 1 Resumo

Cada grupo deverá escolher um **áudio curto** (0,5–3 s) contendo um evento sonoro real (ex.: canto/assobio de ave, nota de instrumento, som de animal ou objeto). O objetivo é aplicar a DFT/FFT para **analisar, reconstruir e manipular** o sinal: (i) análise espectral (magnitude/fase); (ii) **reconstrução incremental** a partir das componentes principais; (iii) reconstrução mantendo fração de energia; (iv) **mudança de pitch** por *escalonamento espectral*; (v) comparação quantitativa e perceptual com o original.

## 2 Requisitos do Projeto

O grupo deve **buscar/gravar** um arquivo mono ou estéreo, com conteúdo claro e limitado a 3 s. Realizar as implementações abaixo:

### Leitura, pré-processamento e análise espectral (DFT/FFT)

- Converter para **mono** (média entre canais, se vier em estéreo).
- **Recortar** o sinal na região de interesse (pode ser manualmente ou de forma automática).
- **Normalizar** o trecho final para amplitude em  $[-1, 1]$ .
- Calcular FFT e obter **magnitude** (linear e em dB) e **fase**.
- **Localizar picos principais** (frequências e amplitudes) no lado positivo do espectro; apresentar **tabela** com as maiores componentes (picos significativos).

### Reconstrução incremental por componentes principais (critério de erro)

- Ordenar as **componentes espetrais** por **magnitude** decrescente.
- Reconstruir o sinal **incrementalmente**.
- A cada incremento, calcular o **erro residual** entre o original e o reconstruído. **Métrica:** NRMSE (norma-2 normalizada pela norma do original).
- **Parar** quando NRMSE  $\leq 10\%$ . Registrar o número de componentes usadas ( $K^*$ ).
- **Plotar** a curva Erro  $\times$  N° de componentes e destacar  $K^*$ .

## Reconstrução por energia (remoção de baixa energia)

- Definir uma **fração de energia a manter** no espectro (sugestão: 95%).
- Selecionar componentes de maior energia até atingir a fração-alvo (considerando pares conjugados) e reconstruir o sinal.
- Comparar qualitativamente e quantitativamente com o original.

## Mudança de pitch: $+N$ semitons por escalonamento espectral

- Implementar **escalonamento espectral**: para  $+N_{st}$  tom, usar fator  $\alpha = 2^{+N_{st}/12}$ , sendo  $+N_{st}$  o número de semitons e **interpolar** o espectro complexo para  $Y(f/\alpha)$ .
- Reconstruir o sinal a partir do espectro escalonado.

## Cálculo do NRMSE

Dado um sinal original  $x[n]$  e um sinal reconstruído  $\hat{x}[n]$ , o erro quadrático médio pode ser calculado por:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (x[n] - \hat{x}[n])^2}$$

A normalização pode ser feita de várias formas; se adotamos a normalização pela norma-2 do original:

$$\text{NRMSE} = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (x[n] - \hat{x}[n])^2}}{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x[n]^2}} = \frac{\|x - \hat{x}\|_2}{\|x\|_2}$$

Assim, a NRMSE é adimensional e pode ser reportada em %. Ex.:  $\text{NRMSE} \leq 10\%$  indica que o erro de reconstrução é no máx. 10% da energia do sinal original.