

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 espectrais** 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 $\text{NRMSE} \leq 10\%$. Registrar o número de componentes usadas (K^*).
- **Plotar** a curva Erro \times N^o 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.