

Trabalho Prático de PDS do Capítulo 7

Leonardo Santos
Universidade Federal do Paraná



Professor: Gideon
Curso: Processamento Digital de Sinais
Cidade: Curitiba
Data: julho de 2025

1 Introdução

Em sinais de voz, é comum a presença de ruídos de fundo que dificultam a inteligibilidade. O uso de filtros digitais permite isolar frequências relevantes e atenuar componentes indesejadas. Neste experimento, aplicamos filtros FIR (Finite Impulse Response) e IIR (Infinite Impulse Response), ambos do tipo passa-faixa, visando reter a faixa de 400 Hz a 600 Hz, que contém parte importante do conteúdo vocal.

2 Materiais e Métodos

Foi utilizado um sinal de voz com ruído de fundo, previamente gravado e carregado no ambiente Python por meio da biblioteca `scipy.io.wavfile`. A gravação foi convertida para ponto flutuante e normalizada, garantindo compatibilidade com os algoritmos de filtragem digital.

O projeto do filtro FIR foi realizado utilizando a função `firwin`, com 101 coeficientes e janela de Hamming, configurado como passa-faixa na faixa de 400 Hz a 600 Hz. Já o filtro IIR foi do tipo Butterworth, de quarta ordem, implementado com a função `butter`, também na configuração passa-faixa para a mesma faixa de frequências.

Ambos os filtros foram aplicados ao sinal com o uso das funções `lfilter` e `filtfilt`, sendo esta última empregada no filtro IIR para eliminar distorções de fase e transientes de borda. As análises foram conduzidas no domínio do tempo, da frequência e da fase, e todas as figuras foram geradas com a biblioteca `matplotlib`.

A Figura 1 apresenta o sinal original no tempo e seu espectro de magnitude, obtido por meio da Transformada Rápida de Fourier (FFT). Esta análise espectral foi essencial para estimar a faixa de interesse (400 Hz a 600 Hz), que guiou a definição das bandas de corte utilizadas nos filtros projetados.

3 Resultados

3.1 Sinal Filtrado com FIR

A Figura 2 mostra o sinal após filtragem FIR. Observa-se que o ruído foi significativamente atenuado fora da banda de 400–600 Hz, preservando as componentes principais da voz.

3.2 Sinal Filtrado com IIR

A Figura 3 apresenta o resultado da filtragem com o filtro IIR. A atenuação do ruído também foi eficiente, preservando a mesma faixa de interesse. O uso de `filtfilt` garantiu boa estabilidade e evitou transientes no início do sinal.

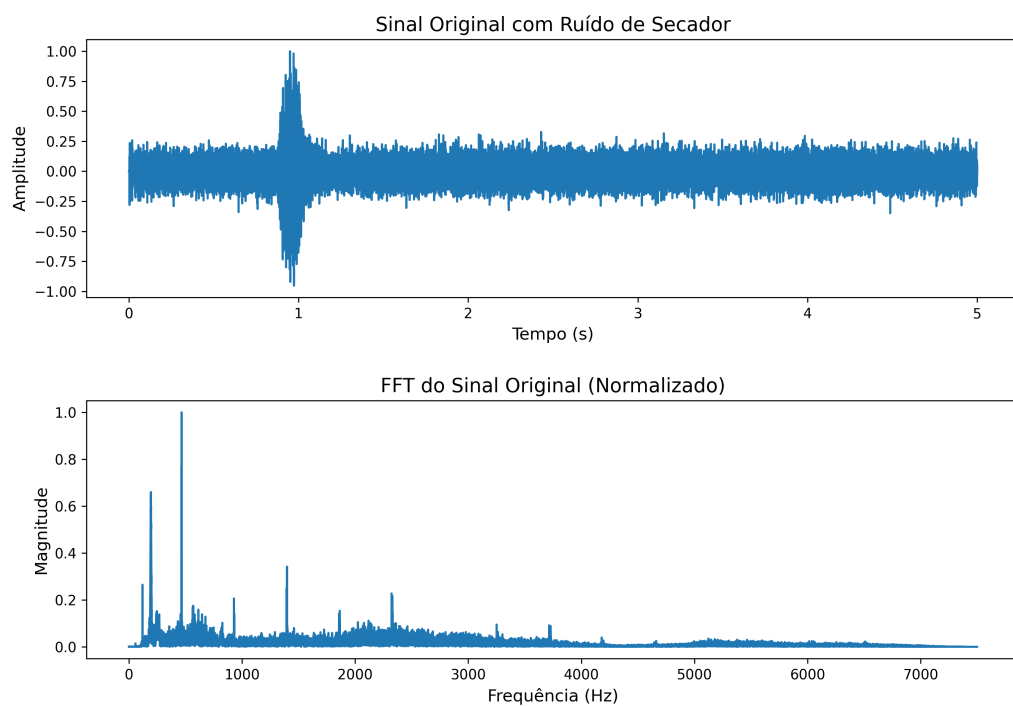


Figure 1: Sinal original e sua Transformada de Fourier (FFT).

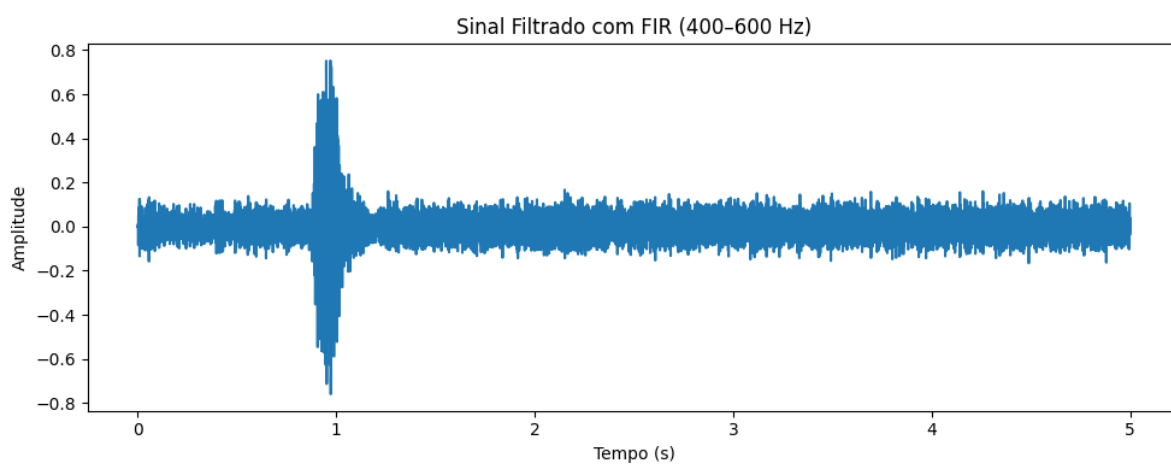


Figure 2: Sinal filtrado com filtro FIR (400–600 Hz).

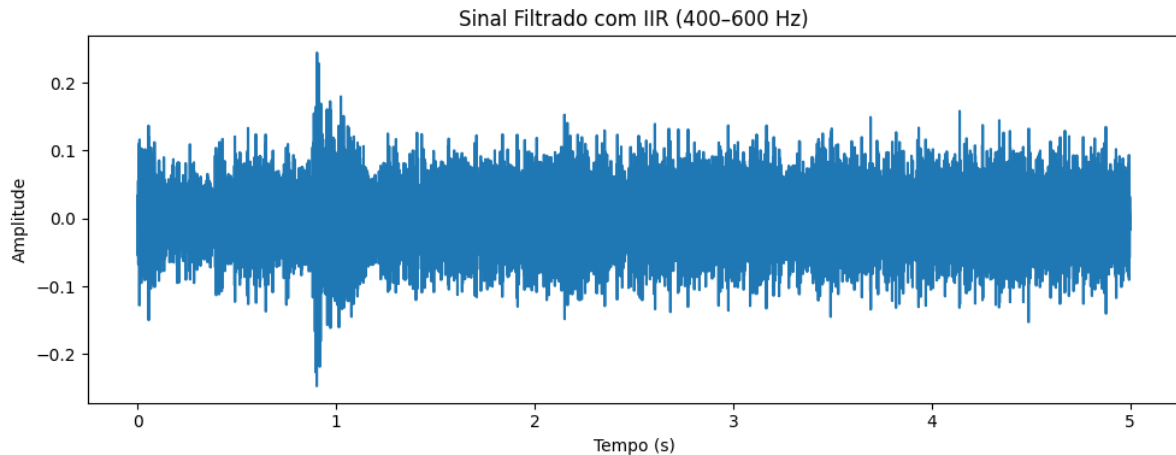


Figure 3: Sinal filtrado com filtro IIR (400–600 Hz).

3.3 Análise Espectral

A Figura 4 mostra a comparação espectral dos sinais original, FIR e IIR. Nota-se que ambos os filtros atenuaram eficazmente as frequências fora da faixa desejada, com resultados bastante similares.

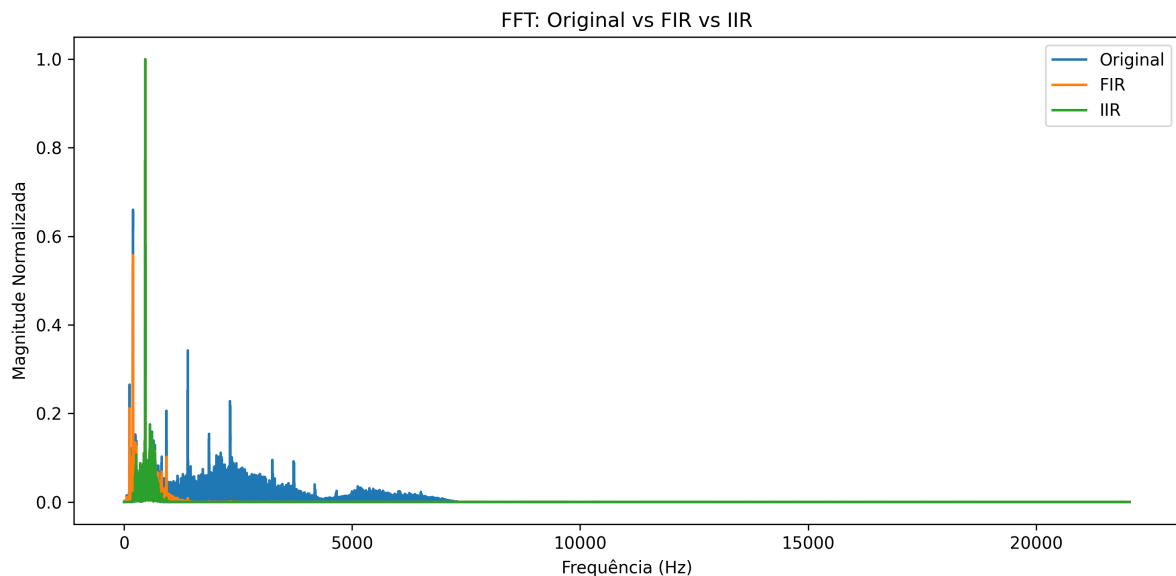


Figure 4: FFT do sinal original, filtrado com FIR e IIR.

3.4 Resposta em Fase

A Figura 5 compara as fases dos filtros. O FIR apresenta fase linear, o que é desejável em aplicações de áudio, enquanto o IIR apresenta distorção de fase, característica de filtros recursivos.

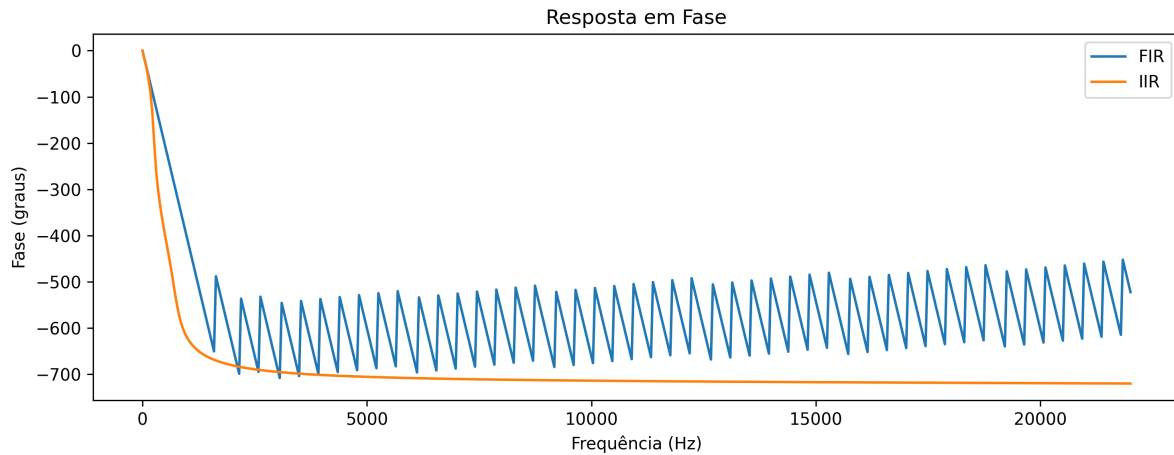


Figure 5: Resposta em fase dos filtros FIR e IIR.

4 Conclusão

Os filtros FIR e IIR projetados mostraram-se eficazes na atenuação de ruído fora da faixa de 400–600 Hz. O FIR apresentou melhor comportamento de fase (linear), sendo ideal para preservar a forma de onda original. O IIR, por sua vez, alcançou resultado similar com menor ordem, sendo mais eficiente computacionalmente, porém com distorção de fase. Ambos são viáveis conforme os requisitos da aplicação.