

Atividade Prática sobre Filtragem Digital

Valéria Lys Ribeiro Carneiro, 89397

Departamento de Engenharia Elétrica,

Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG Email: valerialribeiroc@gmail.com

Resumo—Este trabalho aborda a aplicação de filtros digitais no Processamento Inteligente de Sinais, focando na recuperação de sinais de interesse e na eliminação de ruídos. Nas análises foram utilizados filtros Butterworth passa-baixa, passa-faixa e rejeita-faixa. A aplicação dos filtros demonstrou que a escolha do tipo de filtro depende das características do ruído e dos requisitos da aplicação.

I. INTRODUÇÃO

Filtros Digitais são sistemas invariantes no tempo capazes de modificar um sinal com base em operações matemáticas a fim de obter um resultado específico, como remover ruídos indesejados ou destacar informações específicas dentro do sinal.

Este trabalho consiste na resolução de um roteiro de atividade prática sobre Filtragem Digital, proposto na matéria de Processamento Inteligente de Sinais, que compõe a grade curricular do curso de Especialização em Inteligência Artificial e Computacional da Universidade Federal de Viçosa.

São apresentados dois tutoriais para aplicação de filtragem digital:

- Recuperação de sinal de interesse em meio a ruído
- Eliminação de informação espectral indesejada

A atividade faz uso de filtros digitais do tipo Butterworth, abordando tanto filtros passa-faixa quanto rejeita-faixa (notch), para a remoção de ruídos e realce de informações espectrais relevantes.

II. OBJETIVOS

Explorar a aplicação de filtros digitais na recuperação de sinais de interesse e na eliminação de ruídos indesejados, demonstrando sua eficácia na melhoria da qualidade dos sinais e na preservação das informações relevantes.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento do roteiro de atividades foi realizado utilizando a linguagem de programação Python, executada na plataforma Google Colab. Os materiais de entrada foram disponibilizados, assim como os *scripts*, para garantir a análise detalhada dos resultados obtidos.

As orientações e conceitos fundamentais para a análise dos resultados foram fornecidos pelo professor da disciplina, Rodolpho Neves, em aula virtual síncrona, permitindo a elucidação eficiente de dúvidas e um entendimento claro dos tópicos abordados.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A. Recuperação de sinal de interesse em meio a ruído

Existem filtros chamados passa-faixa que podem ser usados na recuperação de um sinal de interesse em meio a ruídos. Com intuito empírico, foi gerado um sinal senoidal de 262 Hz com amplitude 1, amostrado a 2048 Hz, e contaminado por ruído gaussiano.

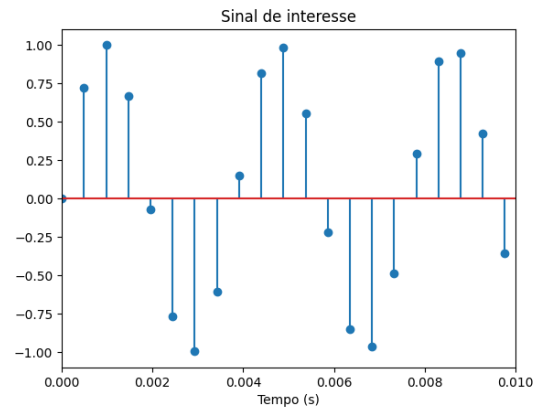


Figura 1. Sinal de interesse.

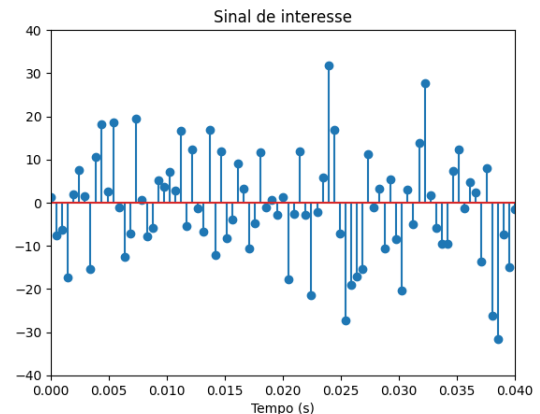


Figura 2. Sinal de interesse imerso em ruído.

Ao analisar o espectro do sinal com ruído, nota-se que há ruído em todas as faixas de frequência do sinal de interesse.

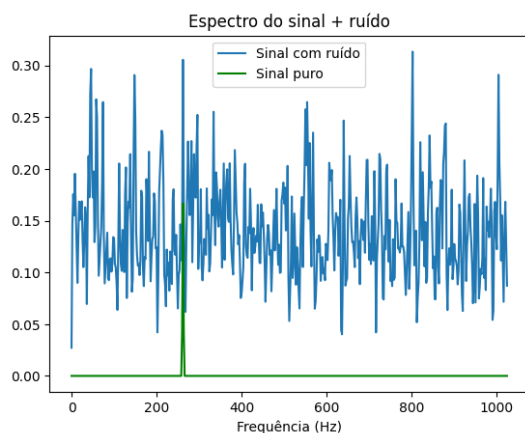


Figura 3. Espectro do sinal com ruído.

Para isolar o sinal de interesse destacado em verde na figura 3, foi projetado um filtro passa-faixa do tipo Butterworth de quarta ordem com frequência central igual a do sinal de interesse.

Para definir essa ordem, foi realizada uma análise do efeito da ordem de um filtro Butterworth na resposta de ganho e no sinal filtrado.

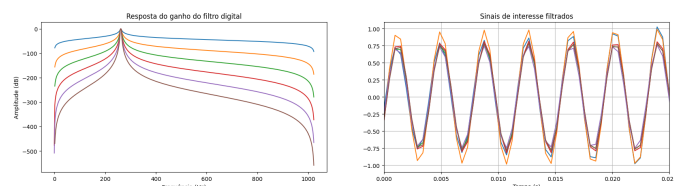


Figura 4. Resposta do ganho do filtro digital e Sinais de interesse filtrados.

Filtros de ordem baixa podem ter uma transição entre as bandas de passagem e rejeição mais suave, o que significa que algumas frequências fora da faixa de interesse podem ser passadas. Filtros de ordem mais alta apresentam uma transição mais abrupta. Isso significa que o filtro atenua mais eficazmente as frequências fora da faixa de interesse, com a possibilidade de introduzir distorções ou efeitos indesejados. Um filtro de 4ª ordem oferece uma boa separação entre a banda passante e a banda de rejeição, com uma resposta suave sem oscilações excessivas.

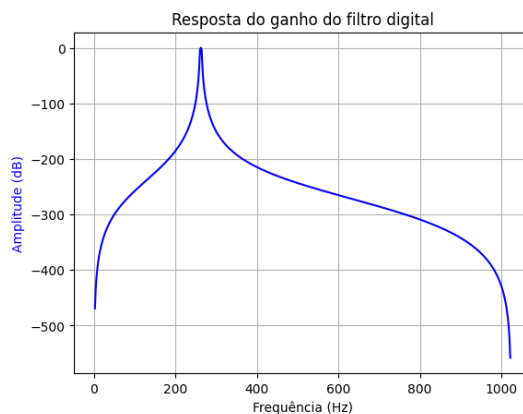


Figura 5. Resposta do ganho do filtro digital de 4ª ordem.

Por fim, de posse de uma resposta de ganho estável do filtro projetado, aplicou-se a filtragem ao sinal contaminado para extrair apenas o sinal de interesse:

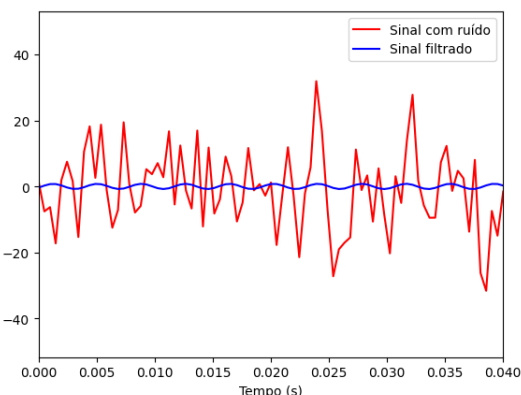


Figura 6. Visualização do sinal com ruído e do sinal filtrado.

A filtragem mostrou-se bem-sucedida na remoção do ruído, preservando a informação de interesse na frequência desejada.

B. Eliminação de informação espectral indesejada

A remoção de ruídos é essencial para garantir a qualidade dos dados em análises de sinais e sistemas. Ruídos não eliminados podem comprometer modelos de inteligência artificial. Para compreender esse conceito, um sinal de áudio contaminado por microfonia foi analisado e filtrado para eliminar a interferência sem comprometer informações relevantes. Foram testadas duas abordagens: um filtro passa-baixa com corte em 4000 Hz e um filtro rejeita-faixa centrado em 5000 Hz.

Primeiramente, ouviu-se o áudio em questão e notou-se um ruído muito estridente por toda a faixa. Para visualizar as frequências que estavam envolvidas, plotou-se o gráfico do sinal:

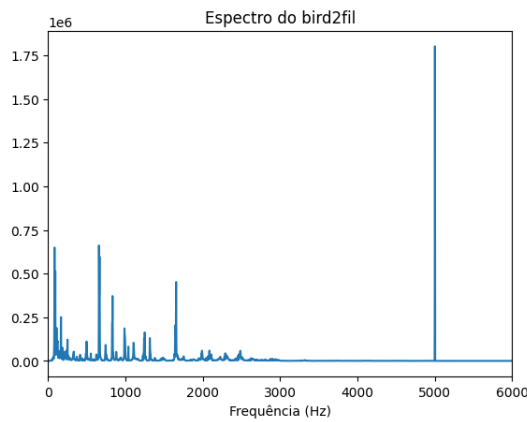


Figura 7. Espectro do bird2fil.

Nota-se um pico espectral em 5000 Hz, com muito mais energia que as outras faixas de frequência do áudio, estabelecendo-se assim, como ruído de microfonia.

Com o intuito de remover tal ruído, tentou-se primariamente a abordagem considerada mais simples, um filtro passa-baixa do tipo Butterworth de quarta ordem e com frequência de corte em 4000 Hz.

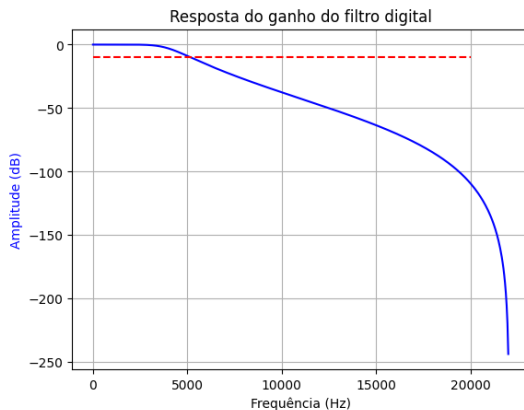


Figura 8. Resposta do ganho do filtro digital.

Todas as frequências acima da frequência de corte serão removidas. Após aplicar a filtragem, notou-se que a microfonia foi bastante reduzida, mas, ao mesmo tempo, todo o áudio parece um pouco atenuado, soando abafado. Isso ocorreu porque o filtro passa-baixa não apenas removeu a microfonia, como também eliminou componentes de alta frequência responsáveis pelo ajuste fino da música, resultando na perda de informações importantes.

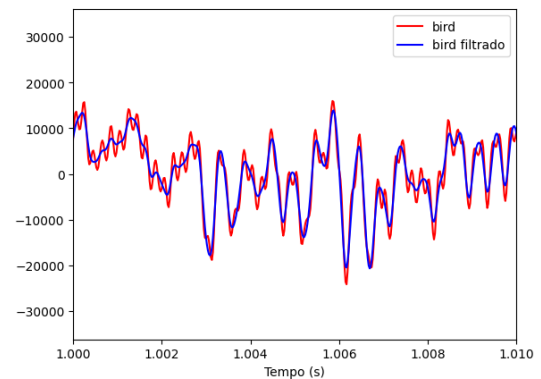


Figura 9. Sinal original e sinal filtrado.

O ruído de microfonia em questão possui um espectro muito estreito, desta forma, uma opção mais assertiva para sua eliminação seria um filtro rejeita-faixa. Esse tipo de filtro é projetado para atenuar uma faixa específica de frequências sem afetar significativamente o restante do sinal. Então, retomou-se a segunda abordagem, e implementou-se um filtro digital rejeita-faixa Butterworth de quarta ordem com centro em 5000 Hz.



Figura 10. Resposta do ganho do filtro digital.

Fora da faixa de corte, o filtro permite a passagem das frequências sem alteração.

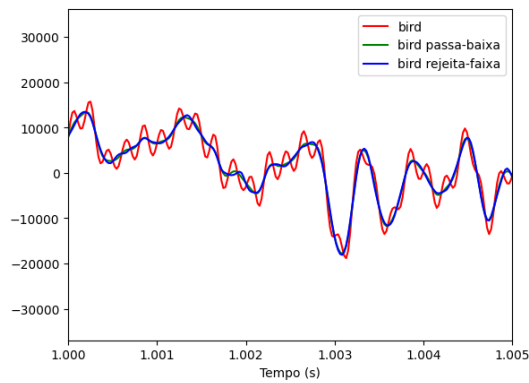


Figura 11. Som original, som filtrado com passa-baixas e som filtrado com rejeita-faixa

O gráfico compara os efeitos das duas abordagens adotadas no sinal original. O filtro passa-baixa suaviza o sinal, mas pode atenuar altas frequências, tornando o som abafado. O filtro rejeita-faixa remove apenas o ruído de 5000 Hz, preservando outras frequências.

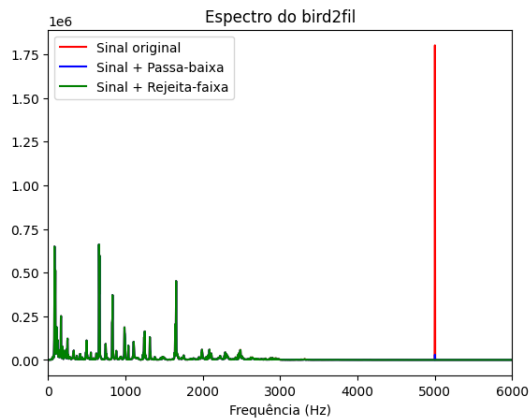


Figura 12. Espectro do bird2fil.

Nota-se que o filtro passa-baixa permitiu que uma pequena, porém visível, parte da microfonia passasse, enquanto o filtro rejeita-faixa atuou de forma satisfatória.

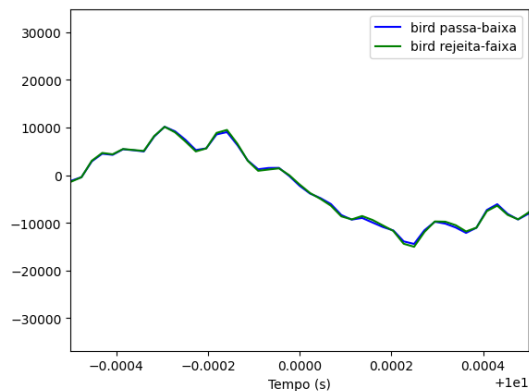


Figura 13. Som filtrado.

Ao executar a faixa de áudio filtrada com o filtro rejeita-faixa, notou-se que o resultado aparenta ter removido seletivamente o ruído de 5000 Hz sem comprometer significativamente a qualidade do áudio original.

V. CONCLUSÕES

A atividade demonstrou a eficácia dos filtros digitais na remoção de ruídos e na recuperação de informação de interesse. O filtro passa-faixa foi capaz de extrair um sinal desejado em meio a ruído, enquanto o filtro rejeita-faixa se mostrou mais eficiente na remoção de ruído estreito, preservando as características do áudio original. Dessa forma, a escolha do tipo de filtro depende dos requisitos da aplicação.

REFERÊNCIAS

- [1] Gonzalez, R. C., e Woods, R. E. (2010). *Processamento de Imagens Digitais*. 3ª edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall.