

# Análise de Filtragem de Sinais Temporais com médias móveis

Daniel A. Castro \* Eduardo de A. Galvão \*\*

\* *Instituto Militar de Engenharia (e-mail: danielcastro@ime.eb.br).*

\*\* *Instituto Militar de Engenharia (e-mail: galvao.ime.eb.br)*

---

**Abstract:** This work reports results on the use of moving means filtering, and other measures of central tendency, and with varied time windows for the purpose of filtering noisy temporal signals.

**Resumo:** Esse trabalho relata resultados do uso do filtro de médias móveis, e outras medidas de tendência central, e em diferentes janelas temporais, com o fim de filtrar sinais temporais ruidosos.

*Keywords:* Signals, moving averages, signal-to-noise ratio

*Palavras-chaves:* Sinais, Médias móveis, Relação Sinal-Ruído(SNR).

---

## 1. INTRODUÇÃO

Com o domínio e a compreensão do eletromagnetismo, tornou-se possível utilizar seus princípios físicos para a transmissão de sinais e informações. No entanto, ao lidarmos com sinais reais, percebe-se que essa transmissão está sujeita a diversos efeitos que podem alterar o sinal original. A filtragem de sinais, portanto, surge como um meio de mitigar as distorções causadas por fatores externos, preservando a integridade do sinal emitido pela fonte.

Para compreender melhor a filtragem de diferentes tipos de sinais temporais, bem como as diversas técnicas disponíveis, é fundamental analisar esses fatores. Dessa forma, é possível utilizar e aproveitar essas técnicas de maneira mais eficiente, garantindo que os resultados obtidos estejam alinhados aos objetivos da filtragem.

## 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1 Sinais Temporais

De acordo com Lathi (2008), um sinal é um conjunto de dados ou informações, sendo os sinais temporais funções da variável independente tempo.

### 2.2 Ruído

Segundo Lathi (2008, p. 77), "em sistemas de comunicação, durante a transmissão por um canal, os sinais de mensagem são corrompidos por sinais indesejados (ruído). A qualidade do sinal recebido é determinada pela relação entre a intensidade do sinal desejado e a do sinal indesejado (ruído)."

### 2.3 Filtragem por médias móveis

Oliveira (2008, p. 74) afirma que "o método de filtragem por médias móveis tem como objetivo atenuar os efeitos do ruído nos dados processados. Sua implementação utiliza uma janela móvel, que pode ser retangular, triangular ou trapezoidal, percorrendo todo o vetor de pontos. Para cada conjunto de pontos dentro da janela, calcula-se a média aritmética — ponderada, se necessário —, e o valor obtido passa a integrar o conjunto de pontos filtrados. Em seguida, a janela é deslocada para a direita, descartando o primeiro ponto e adicionando um novo. Esse processo se repete até que todos os pontos tenham sido processados."

### 2.4 Filtragem por Medianas Móveis

Para Poyton "Um filtro de mediana é um filtro não linear no qual cada amostra de saída é

calculada como o valor mediano das amostras de entrada sob a janela - isto é, o resultado é o valor central após os valores de entrada terem sido ordenados”.

## 2.5 Filtragem por Modas Móveis

A moda, como explica Davies (1988), é o valor de maior probabilidade de ser encontrado em uma distribuição, ou seja, o valor mais frequente, com isso Davies (1988) conclui que o filtro de moda ao selecionar o valor mais provável na amostra funciona ou como uma operação de supressão de ruído, se o sinal for pequeno e houver ruído significativo, ou acaba por realçar as bordas do sinal, caso este seja grande e o valor do ruído for pequeno.

## 3. METODOLOGIA DE ANÁLISE

Para simular a filtragem de sinais, iremos utilizar um *software* chamado MATLAB. Iremos analisar o caso de uma onda senoidal com um ruído gerado aleatoriamente pela função *rand()*.

Nossas análises serão baseadas na relação sinal-ruído (*SNR*) que será definida da forma:

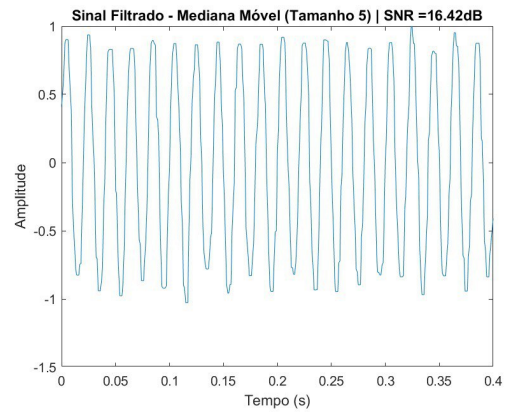
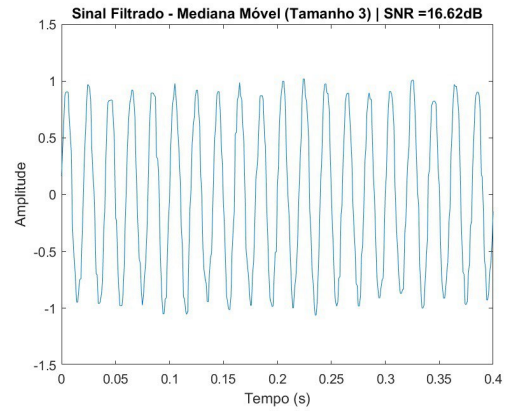
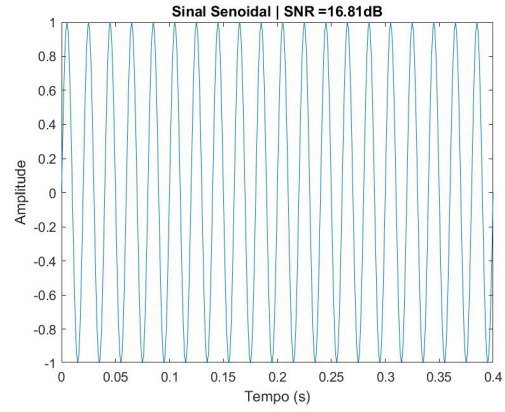
$$SNR = 10 \cdot \log\left(\frac{P_{\text{original}}}{P_{\text{ruído}}}\right)$$

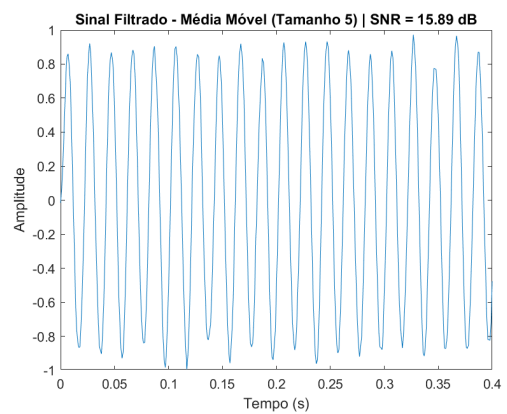
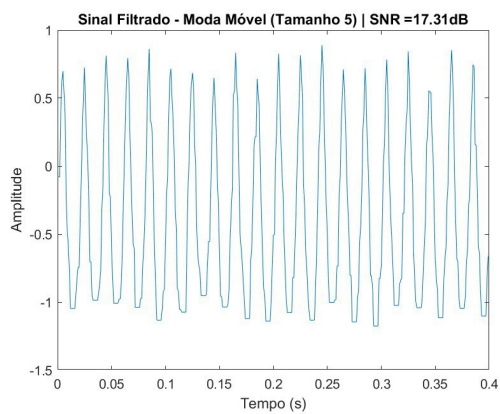
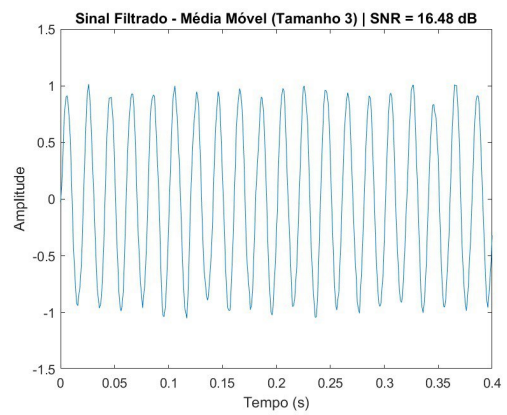
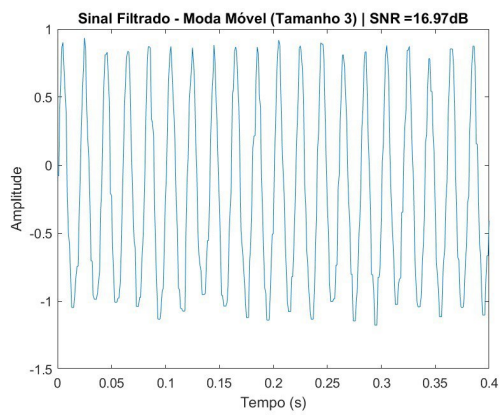
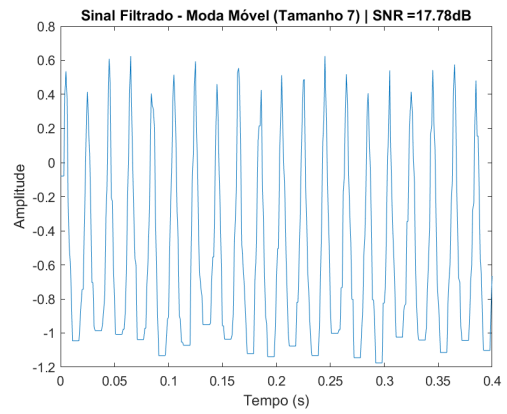
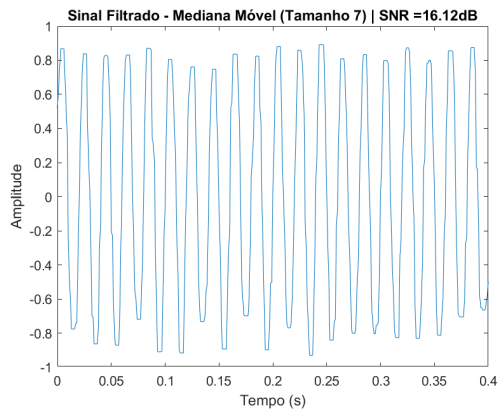
A potência de uma onda pode ser encontrada como um somatório de amplitudes ao quadrado. Dessa forma, vamos supor que a amplitude média ( $\bar{A}$ ) é nula para poder usar que a potência é a variância:

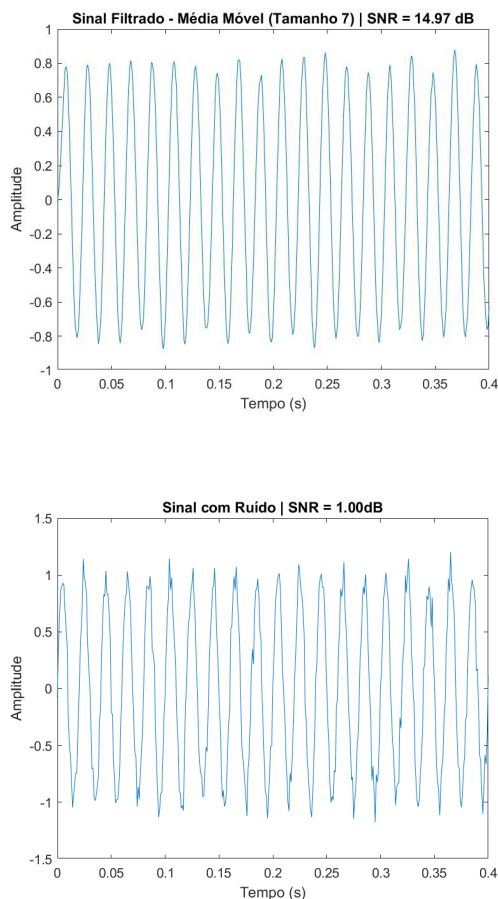
$$\text{Var}(A) = \frac{1}{N} \sum (A - \bar{A})^2$$

Com  $\bar{A}$  sendo nulo, teremos a potência numericamente igual a variância. Assim, teremos uma forma mais simples de encontrar a potência. Desse modo o cálculo da *SNR* ficará simplificado, pois temos o sinal original, que serão os sinais filtrados, e o ruído sabemos pois foi definido por *rand()*.

Vamos gerar os gráficos agora e verificar as propriedades de cada um:







#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Podemos observar que temos diversos valores para  $SNR$ . Porém a análise não fica restrita somente ao sinal que obtém a maior  $SNR$ . Ter uma maior  $SNR$  não significa ter um melhor sinal, significa apenas que a contribuição da potência dentro das nossas hipóteses é menor. Porém como visto, o próprio sinal senoidal puro não tem a maior  $SNR$ . Por que isso ocorre?

Podemos avaliar esse parâmetro pelo fato do ruído ser construído aleatoriamente, dessa forma "coincidências" podem acontecer no cálculo da potência após a passagem do filtro. Isso significa que o filtro por mais que sirva como um bom tratamento estatístico para ruídos aleatórios, pode acabar gerando valores ruins. Como nos casos em que o sinal por observação está distante do sinal senoidal, mas ainda assim a  $SNR$  está mais alta que o caso senoidal.

Podemos verificar também que em nenhum dos casos testados: Média móvel, mediana e moda. Após a passagem do filtro o sinal não volta a atingir o pico em 1 pois para isso o valor 1 precisaria ser atingido algumas vezes dentro de cada janela avaliada. Com isso, sabemos que a potência é calculada a partir das amplitudes, vemos que o fator "coincidência" esteve presente, pois um sinal que não atinge nenhum pico em alguns momentos consegue superar em potência um sinal que atinge o pico a cada período.

A partir disso, o melhor sinal deve ser o mais suave, visto que se aproxima mais fisicamente do sinal senoidal, que é nosso alvo. Vemos que o sinal com as curvas mais suaves é o sinal com média móvel de janela de tamanho 5. Porém o  $SNR$  foi um dos menores, mesmo sendo um sinal que atinge próximo do pico diversas vezes. Verificamos também a superioridade do filtro de médias móveis com relação aos outros dois, pois as curvas de médias móveis são mais suaves.

Isso ocorre, pois o filtro de médias móveis troca os pontos do sinal por uma contribuição dos pontos do entorno, preservando assim a aspectos da curva e diminuindo mudanças bruscas de características. Os outros dois tratamentos envolvem conceitos estatísticos que podem gerar pontos desconexos com a forma da curva, assim o ruído não é diminuído, mas sim é criado um outro por cima.

#### 5. CONCLUSÃO

Diante do exposto, verificamos a superioridade do método de médias móveis em relação aos outros dois tratamentos estatísticos. O método das médias móveis consegue, principalmente nesse caso com a janela de tamanho 5 conseguiu retornar o sinal com ruídos aleatórios para uma condição suave e com uma  $SNR$  próxima da senoide original. Com isso, entre os métodos apresentados e dentro das hipóteses admitidas escolheríamos o filtro das médias móveis para diminuir o ruído e tentar trazer o sinal para próximo do original.

#### REFERÊNCIAS

- [1] Davies, E. (1988). On the noise suppression and image enhancement characteristics of the median, truncated median and

- mode filters. *Pattern Recognition Letters*, **7**, 87–97.
- [2] Lathi, B.P. (2008). *Sinais e Sistemas Lineares*. Bookman, Porto Alegre.
  - [3] Oliveira, M.d.A. (2008). *Identificação de Modelos no Domínio da Frequência Aplicada a Sistemas Dinâmicos Multivariáveis*. Master's thesis, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.
  - [4] Poyton, C. (2012). *Digital Video and HD Algorithms and Interfaces*. Elsevier, Waltham.