



Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

Histórico do  
SEAD

Filtragem  
espacial

SEAD  
Modificado

Publicações

Presente/  
futuro do  
SEAD

# Utilização de Filtragem Espacial e Otimização Numérica em um Método de Estimação DOA

Hugo Vinícius Leão e Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – IFG  
Campus Anápolis

02 de abril de 2024

# Definição do problema

Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

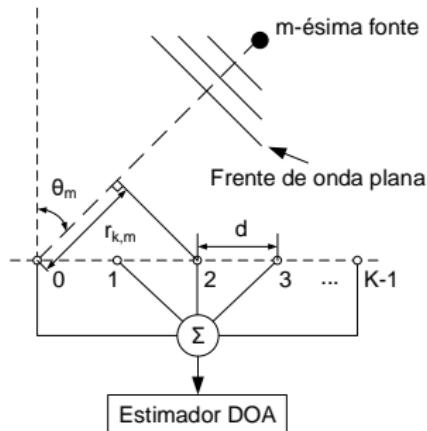
Histórico do SEAD

Filtragem espacial

SEAD Modificado

Publicações

Presente/ futuro do SEAD



- $M$  fontes distantes com DOAs  $\theta_m \leftrightarrow \omega_m$  e  $0 \leq \rho_{(i,j)} \leq 1$ ;
- Sinais modulados e contaminados por ruído branco;
- $K$  sensores iguais dispostos linearmente com espaçamento  $\lambda/2$  (ULA) capturando  $N$  snapshots:

$$\hat{\mathbf{R}} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \mathbf{y}[n] \mathbf{y}[n]^H \in \mathbb{C}^{K \times K}$$

Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

Histórico do SEAD

Filtragem espacial

SEAD Modificado

Publicações

Presente/futuro do SEAD

- Critério determinístico (DMLE) em função da matriz de direção:

$$\hat{\omega} = \arg \min_{\omega} \text{tr} \left( \mathbf{P}_A^\perp \hat{\mathbf{R}} \right)$$

- Possui alta resolução;
- Divide o espaço de medida em subespaços:

$$\hat{\mathbf{R}} = \sum_{k=1}^K \hat{\lambda}_k \hat{\mathbf{e}}_k \hat{\mathbf{e}}_k^H = \hat{\mathbf{E}}_S \hat{\Lambda}_S \hat{\mathbf{E}}_S + \hat{\mathbf{E}}_N \hat{\Lambda}_N \hat{\mathbf{E}}_N^H$$

Os  $M$  maiores *autoelementos* estão associados ao **subespaço de sinal**. O restante, ao **subespaço ortogonal/de ruído**.

# Estimador de Máxima-Verossimilhança (MLE)

Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

Histórico do SEAD

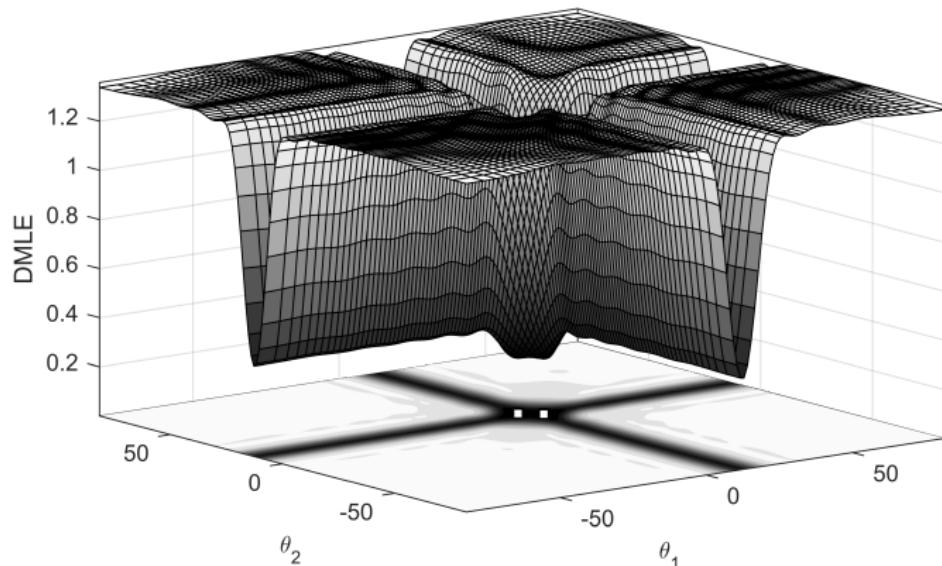
Filtragem espacial

SEAD Modificado

Publicações

Presente/futuro do SEAD

**Figura:** Espaço de soluções para o DMLE **sem filtragem espacial** considerando  $\theta_1 = 10^\circ$ ,  $\theta_2 = 15^\circ$ ,  $K = 10$ ,  $N = 100$  e ausência de ruído.



Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

Histórico do SEAD

Filtragem espacial

SEAD Modificado

Publicações

Presente/futuro do SEAD

- Estimador **assintoticamente eficiente** em relação a  $N$  e à SNR;
- Apresenta o **efeito de limiar** quando a SNR e o número de amostras diminuem;
- Problema  **$M$ -dimensional e não-linear**;
- **Solução analítica difícil** → solução numérica;
- **Esforço computacional exponencial** → aplicabilidade limitada.

Alternativas:

- Estimadores iterativos;
- Versões aproximadas do DMLE – MODE e MODEX;
- Métodos numéricos.

# Histórico do SEAD

## SEAD (2005)

Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

Histórico do  
SEAD

Filtragem  
espacial

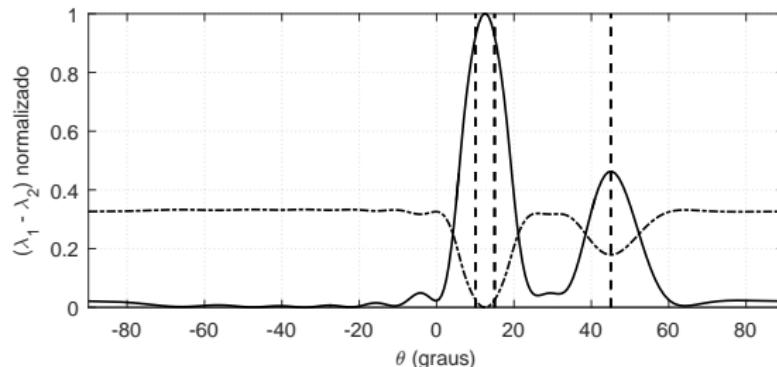
SEAD  
Modificado

Publicações

Presente/  
futuro do  
SEAD

Busca numérica em dois estágios:

- **Pré-seleção → Espectro Diferencial:**



- **Baixa resolução** → é necessário gerar estimativas adicionais, com seleção via **força-bruta** usando o DMLE;
- **O limiar de amplitude** separa picos de sinal e picos de ruído pode levar a grandes erros de estimativa.

# Histórico do SEAD

## SEAD Aprimorado (2009)

Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

Histórico do  
SEAD

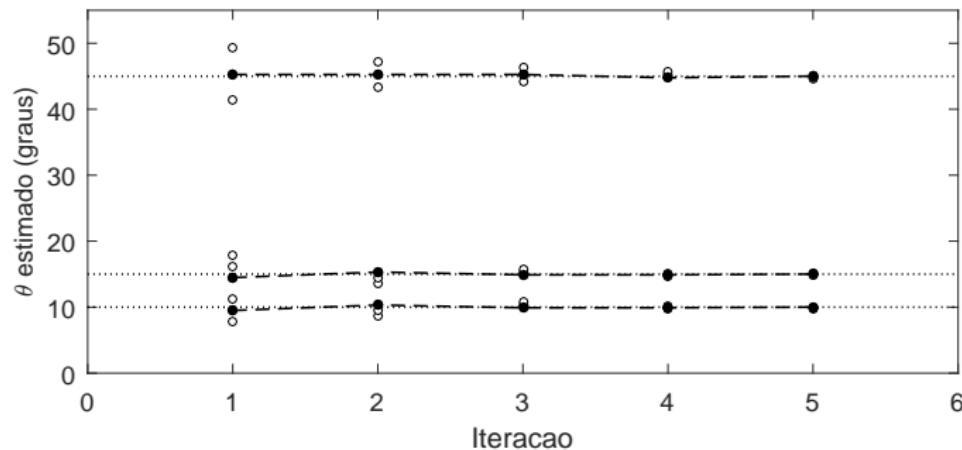
Filtragem  
espacial

SEAD  
Modificado

Publicações

Presente/  
futuro do  
SEAD

### ■ Refinamento → ***Branch-and-Bound***:



- Geram-se estimativas **discretas** iterativamente (*branch-and-bound*), selecionado as melhores via DMLE;
- Esforço computacional de **ordem exponencial**.



# Histórico do SEAD

## SEAD Modificado (2017)

Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

Histórico do  
SEAD

Filtragem  
espacial

SEAD  
Modificado

Publicações

Presente/  
futuro do  
SEAD

- O objetivo principal é tornar o SEAD:
  - 1 Menos suscetível ao efeito de limiar;
  - 2 Rápido;
  - 3 Assintoticamente eficiente;
  - 4 Confiável considerando fontes próximas e afastadas.
- Como?
  - Uso de filtragem espacial (1);
  - Aplicação do Método de Newton ou quase-Newton (2, 3);
  - Retirar o limiar de amplitude no estágio de pré-seleção (4).

# Filtragem espacial

## Máximo autofiltro espacial (2010)

Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

Histórico do SEAD

Filtragem espacial

SEAD Modificado

Publicações

Presente/ futuro do SEAD

- O DMLE *nem sempre* seleciona a melhor combinação → consideravelmente afetado pelo ruído em baixas SNRs;
- Reaparametrização do DMLE ao aplicar filtragem espacial:

$$\hat{\omega} = \arg \min_{\omega} \text{tr} \left( \mathbf{P}_{\hat{\mathbf{A}}}^{\perp} \hat{\mathbf{R}}_Z \right)$$

- Filtro de ordem  $0 < [L] < K$ ;
- $\hat{\mathbf{h}} = [\hat{h}_L \cdots \hat{h}_0] = \hat{\mathbf{e}}_1 \rightarrow$  máximo autovetor de  $\hat{\mathbf{R}}_L$ ;
- Em outras palavras: **máximo autofiltro espacial** → filtro que maximiza a SNR.



# Filtragem espacial

## Máximo autofiltro espacial (2010)

Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

Histórico do  
SEAD

Filtragem  
espacial

SEAD  
Modificado

Publicações

Presente/  
futuro do  
SEAD

- O máximo autofiltro espacial apresenta:
  - 1 **Ganho** significativo no desempenho de estimação para **fontes próximas**;
  - 2 Apresenta **degradação** considerável considerando **fontes afastadas**.

# Filtragem espacial

## Máximo autofiltro espacial (2010)

Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

Histórico do SEAD

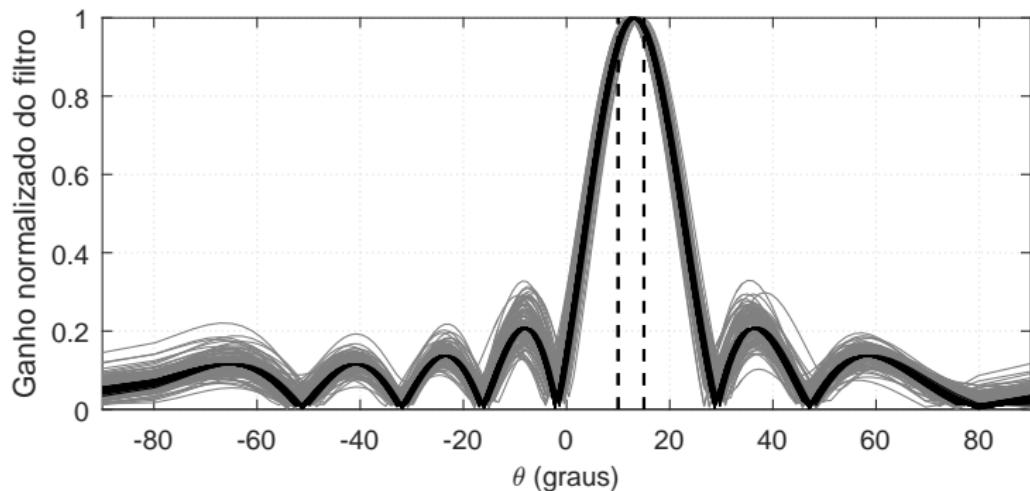
Filtragem espacial

SEAD Modificado

Publicações

Presente/  
futuro do  
SEAD

**Figura:** Resposta em frequência do **máximo autofiltro espacial** para  $\theta_1 = 10^\circ$ ,  $\theta_2 = 15^\circ$ ,  $K = 10$  e  $N = 100$  na ausência de ruído (linhas pretas) e na SNR de  $-10$  dB (linhas cinzas).



# Filtragem espacial

## Máximo autofiltro espacial (2010)

Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

Histórico do SEAD

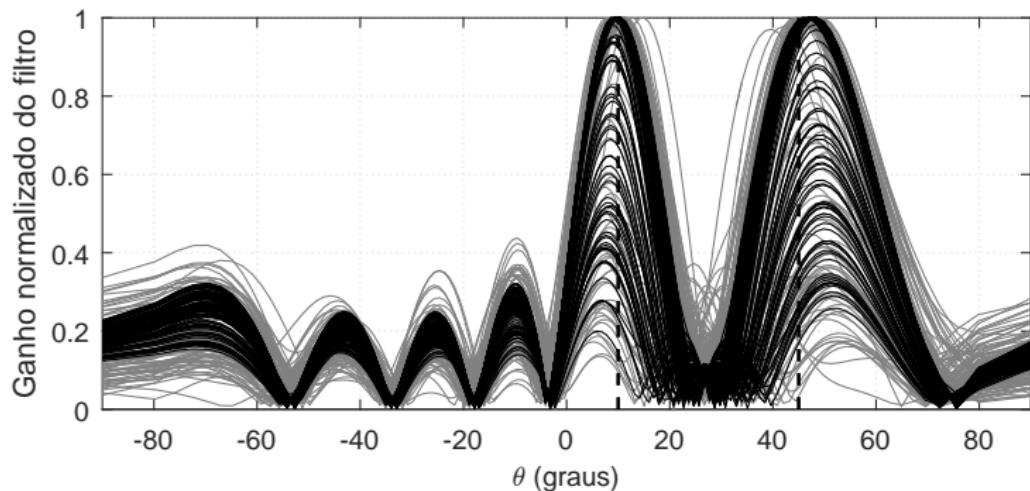
Filtragem espacial

SEAD Modificado

Publicações

Presente/  
futuro do  
SEAD

**Figura:** Resposta em frequência do **máximo autofiltro espacial** para  $\theta_1 = 10^\circ$ ,  $\theta_2 = 45^\circ$ ,  $K = 10$  e  $N = 100$  na ausência de ruído (linhas pretas) e na SNR de  $-10$  dB (linhas cinzas).



# Filtragem espacial

## Máximo autofiltro espacial (2010)

Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

Histórico do SEAD

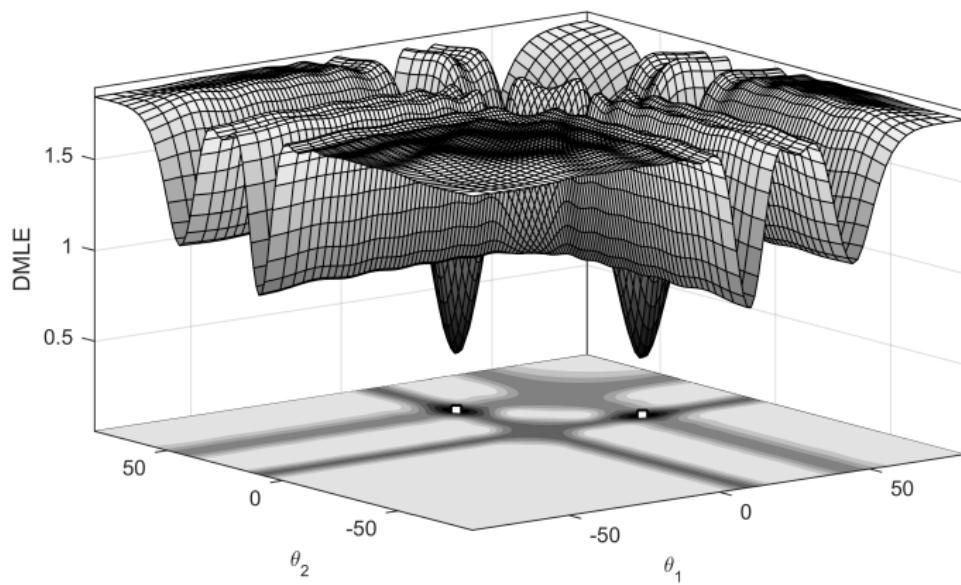
Filtragem espacial

SEAD Modificado

Publicações

Presente/  
futuro do SEAD

**Figura:** Espaço de soluções do DMLE **sem filtragem espacial** para  $\theta_1 = 10^\circ$ ,  $\theta_2 = 45^\circ$ ,  $K = 10$ ,  $N = 100$  e ausência de ruído.



# Filtragem espacial

## Máximo autofiltro espacial (2010)

Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

Histórico do SEAD

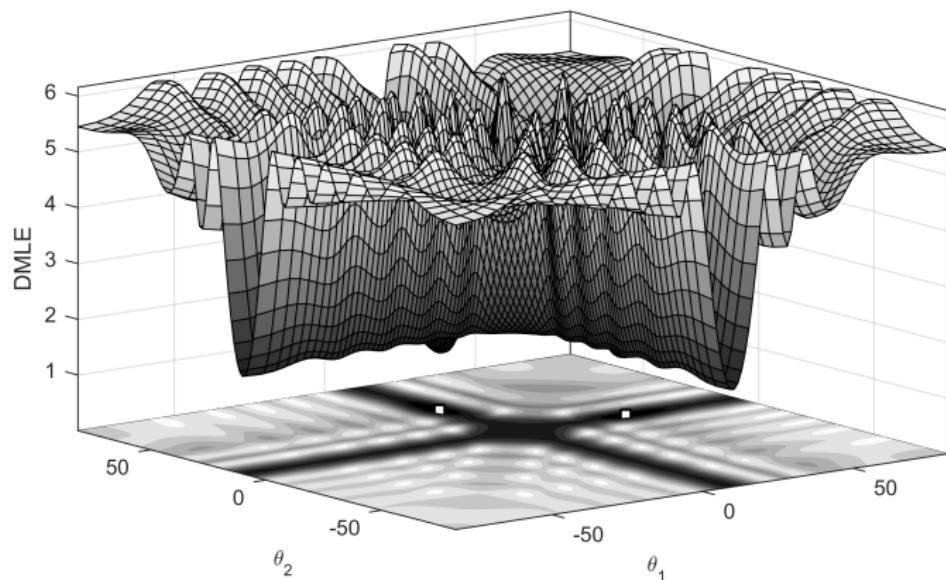
Filtragem espacial

SEAD Modificado

Publicações

Presente/  
futuro do  
SEAD

**Figura:** Espaço de soluções do DMLE usando o **máximo autofiltro espacial** para  $\theta_1 = 10^\circ$ ,  $\theta_2 = 45^\circ$ ,  $K = 10$ ,  $N = 100$  e ausência de ruído.



# Filtragem espacial

## Autofiltro do subespaço de sinal (2017)

Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

Histórico do  
SEAD

Filtragem  
espacial

SEAD  
Modificado

Publicações

Presente/  
futuro do  
SEAD

- Isso ocorre pois o máximo autovetor de  $\hat{\mathbf{R}}_L$  pode não representar bem o subespaço de sinal;
- **Filtro 2: filtro FIR projetado a partir de todo o subespaço de sinal:**
  - Usar todo o subespaço de sinal no projeto do filtro;
  - Associação em paralelo dos  $M$  maiores *autoelementos* de  $\hat{\mathbf{R}}_L$ :

$$\check{\mathbf{e}}_j = \text{conv}(\mathbf{e}_j, \check{\mathbf{e}}_j^*)$$

$$\hat{\mathbf{f}} = \check{\mathbf{e}}_1 + \check{\mathbf{e}}_2 + \cdots + \check{\mathbf{e}}_{\bar{M}} = [f_{2L} \cdots f_0]$$

- Devido à convolução, o filtro possui ordem  $2L$ .

# Filtragem espacial

## Autofiltro do subespaço de sinal (2017)

Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

Histórico do SEAD

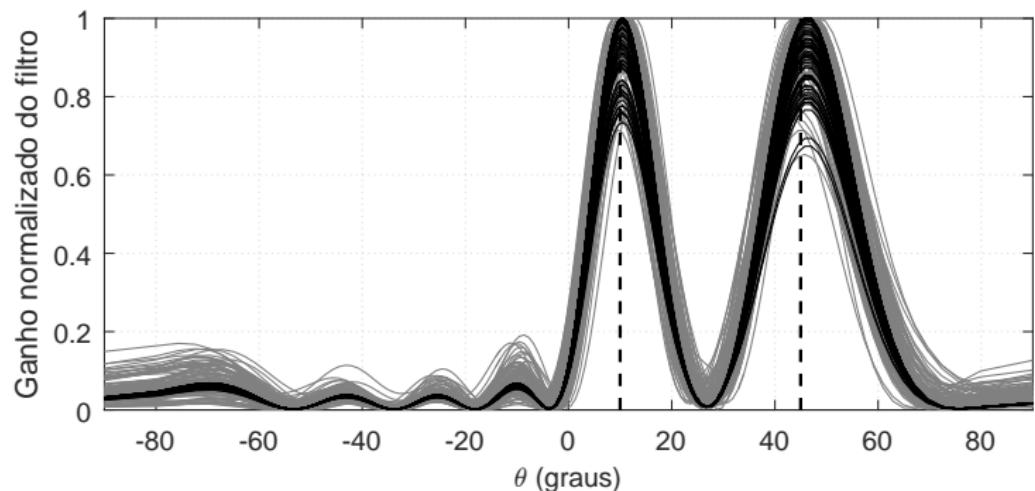
Filtragem espacial

SEAD Modificado

Publicações

Presente/  
futuro do SEAD

**Figura:** Respostas em frequência do **filtro 2** para  $\theta_1 = 10^\circ$ ,  $\theta_2 = 45^\circ$ ,  $K = 10$  e  $N = 100$  na ausência de ruído (linhas pretas) e na SNR de  $-10$  dB (linhas cinzas).



# Filtragem espacial

## Autofiltro do subespaço de sinal (2017)

Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

Histórico do SEAD

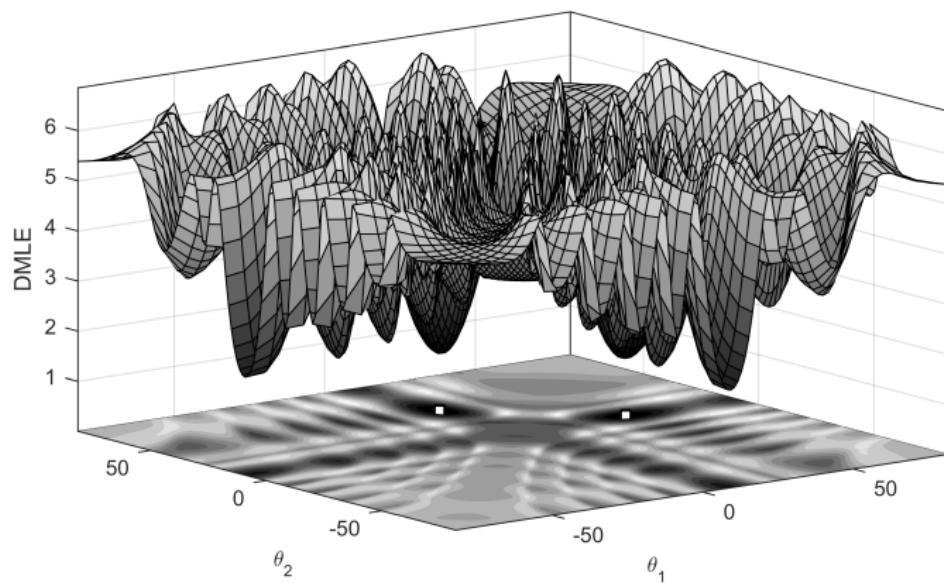
Filtragem espacial

SEAD Modificado

Publicações

Presente/  
futuro do SEAD

**Figura:** Espaço de soluções do DMLE usando o **filtro 2** considerando  $\theta_1 = 10^\circ$ ,  $\theta_2 = 45^\circ$ ,  $K = 10$ ,  $N = 100$  e ausência de ruído.



# Filtragem espacial

## Filtro do Espectro Diferencial (2017)

Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

Histórico do SEAD

Filtragem espacial

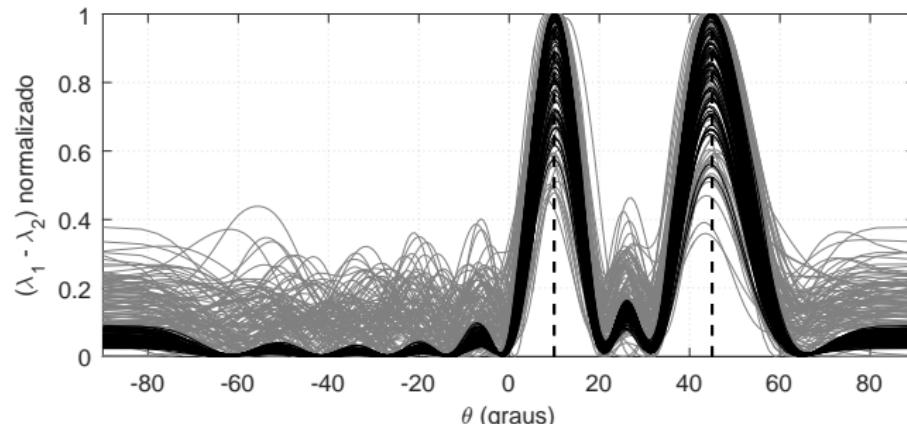
SEAD Modificado

Publicações

Presente/  
futuro do SEAD

### Filtro 3: filtro FIR projetado a partir do Espectro Diferencial:

- Usar o Espectro Diferencial como resposta em frequência do filtro que se deseja projetar;
- Espectro diferencial gera picos proeminentes próximos dos DOAs para  $\text{SNR} \geq -10 \text{ dB}$ ;
- Assemelha-se à resposta em magnitude de um filtro FIR:



# Filtragem espacial

## Filtro do Espectro Diferencial (2017)

Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

Histórico do SEAD

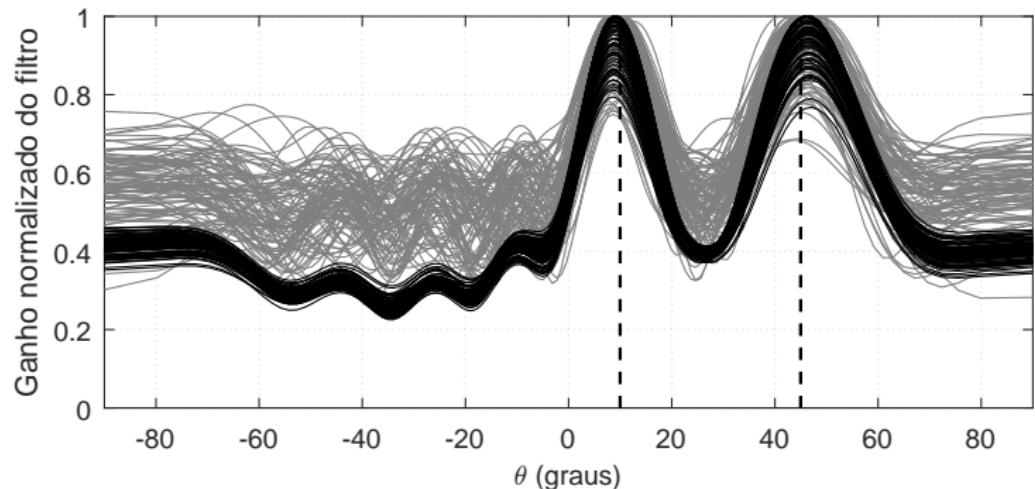
Filtragem  
espacial

SEAD  
Modificado

Publicações

Presente/  
futuro do  
SEAD

**Figura:** Respostas em frequência do **filtro 3** para  $\theta_1 = 10^\circ$ ,  $\theta_2 = 45^\circ$ ,  $K = 10$  e  $N = 100$  na ausência de ruído (linhas pretas) e na SNR de  $-10$  dB (linhas cinzas).



# Filtragem espacial

## Filtro do Espectro Diferencial (2017)

Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

Histórico do SEAD

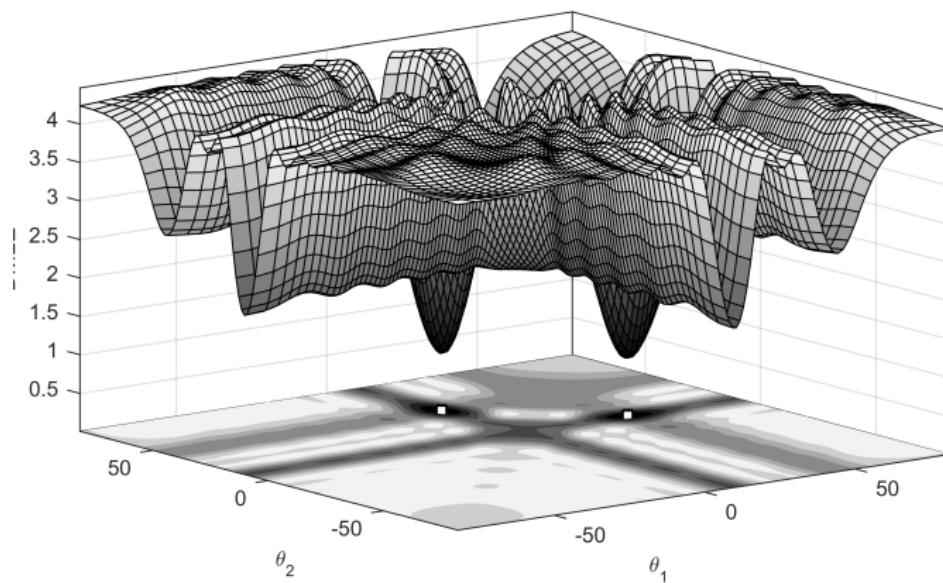
Filtragem espacial

SEAD Modificado

Publicações

Presente/  
futuro do SEAD

**Figura:** Espaço de soluções do DMLE usando o **filtro 3** considerando  $\theta_1 = 10^\circ$ ,  $\theta_2 = 45^\circ$ ,  $K = 10$ ,  $N = 100$  e ausência de ruído.



Defesa

Hugo Silva

Definição

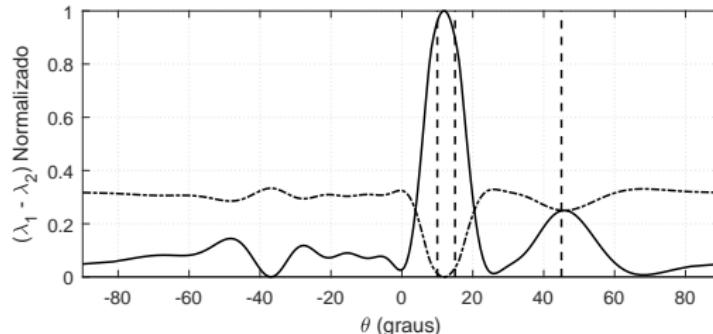
MLE

Histórico do  
SEADFiltragem  
espacialSEAD  
Modificado

Publicações

Presente/  
futuro do  
SEAD

- O SEAD Aprimorado (2009) utiliza um **limiar de amplitude** para separar picos de sinal dos picos de ruído;
- **Apenas** picos de sinal produzem estimativas iniciais;
- Fontes próximas → funciona corretamente;
- Quando é alto, ele pode **desconsiderar picos de sinal** de fontes afastadas; quando é baixo, ele pode **considerar picos de ruído**:



- Observa-se que pode **causar grandes desvios** na geração de estimativas iniciais.

Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

Histórico do  
SEADFiltragem  
espacialSEAD  
Modificado

Publicações

Presente/  
futuro do  
SEAD

- Remover o limiar de amplitude e **sempre** avaliar os  $M$  maiores picos;
  - Nem sempre todos eles geram estimativas iniciais;
  - Maior flexibilidade, esforço computacional e sensibilidade ao ruído;
  - Ex: **antes** e **depois** da proposta (sem filt. espacial) considerando fontes em  $10^\circ$ ,  $15^\circ$  e  $45^\circ$ :

Arranjo	Estimativas candidatas
$\{1, 2\}$	$13^\circ, 41,5^\circ, 49,3^\circ$
$\{2, 1\}$	$9,5^\circ, 16,2^\circ, 45,3^\circ$

Arranjo	Estimativas candidatas
$\{0, 0, 3\}$	$41,6^\circ, 45,3^\circ, 48,8^\circ$
$\{0, 1, 2\}$	$12,8^\circ, 41,6^\circ, 48,8^\circ$
$\{0, 2, 1\}$	$9,9^\circ, 15,8^\circ, 45,3^\circ$
$\{0, 3, 0\}$	$9,9^\circ, 12,8^\circ, 15,8^\circ$
$\{1, 0, 2\}$	$-4,5^\circ, 41,6^\circ, 48,8^\circ$
$\{1, 1, 1\}$	$-4,5^\circ, 12,8^\circ, 45,3^\circ$
$\{1, 2, 0\}$	$-4,5^\circ, 9,9^\circ, 15,8^\circ$
$\{2, 0, 1\}$	$-6,1^\circ, -3,3^\circ, 45,3^\circ$
$\{2, 1, 0\}$	$-6,1^\circ, -3,3^\circ, 12,8^\circ$
$\{3, 0, 0\}$	$-6,1^\circ, -4,5^\circ, -3,3^\circ$

Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

Histórico do  
SEADFiltragem  
espacialSEAD  
Modificado

Publicações

Presente/  
futuro do  
SEAD

Método de Newton para o DMLE com filtragem espacial:

$$\frac{\partial F}{\partial \omega_a} = -2 \operatorname{Re} \operatorname{tr} \left( \tilde{\mathbf{A}}^+ \hat{\mathbf{R}}_Z \mathbf{P}_{\tilde{\mathbf{A}}}^\perp \frac{\partial \tilde{\mathbf{A}}}{\partial \omega_a} \right)$$

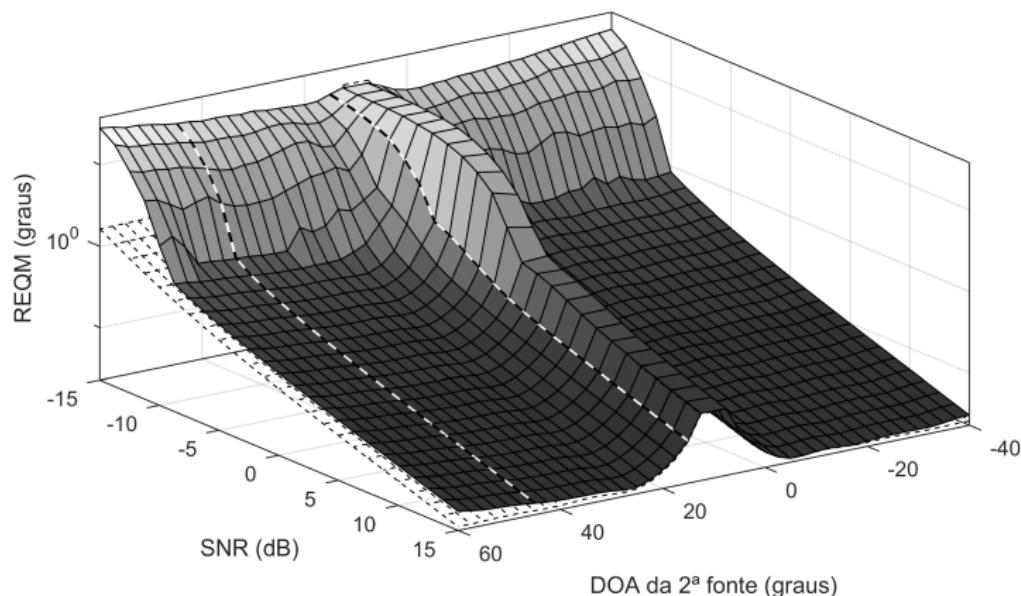
$$\frac{\partial^2 F}{\partial \omega_a \partial \omega_b} = 2 \operatorname{Re} \operatorname{tr} \left[ \tilde{\mathbf{A}}^+ \hat{\mathbf{R}}_Z (\tilde{\mathbf{A}}^+)^H \frac{\partial \tilde{\mathbf{A}}^H}{\partial \omega_b} \mathbf{P}_{\tilde{\mathbf{A}}}^\perp \frac{\partial \tilde{\mathbf{A}}}{\partial \omega_a} \right]$$

BFGS para o DMLE sem e com filt. espacial, matriz de direção:

$$\left( \frac{\partial^2 F}{\partial \omega_a \partial \omega_b} \right)^{-1} = (\mathbf{I} - \rho_k \mathbf{s}_k \mathbf{y}_k^T) \mathbf{E}_{(k-1)}^{-1} (\mathbf{I} - \rho_k \mathbf{y}_k \mathbf{s}_k^T) + \rho_k \mathbf{s}_k \mathbf{s}_k^T$$

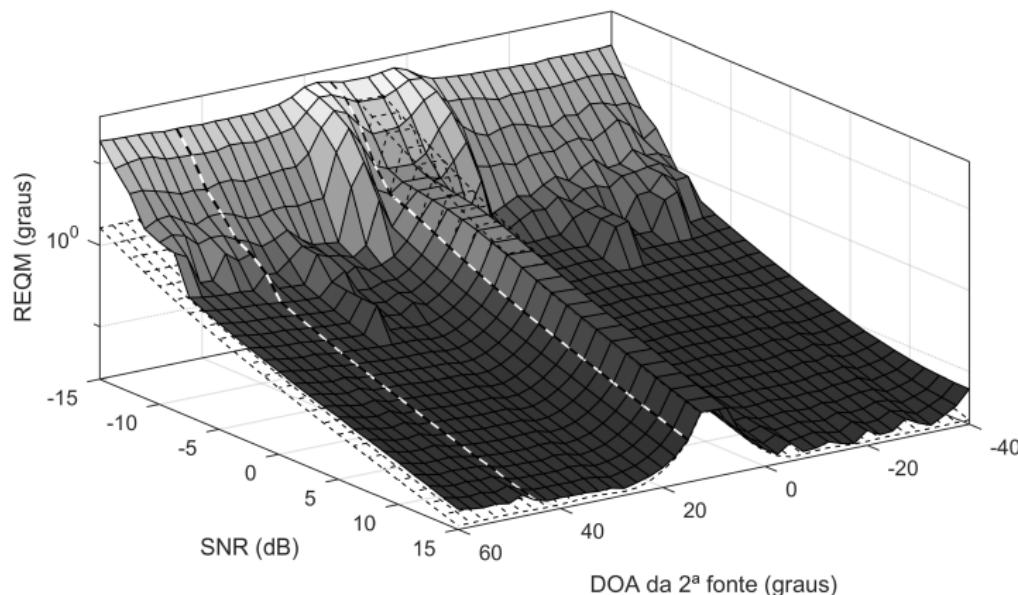
[Defesa](#)[Hugo Silva](#)[Definição](#)[MLE](#)[Histórico do SEAD](#)[Filtragem espacial](#)[SEAD Modificado](#)[Publicações](#)[Presente/futuro do SEAD](#)

**Figura:** Superfície REQM para o **MODEX Modificado sem filtragem espacial** considerando sinais descorrelacionados.



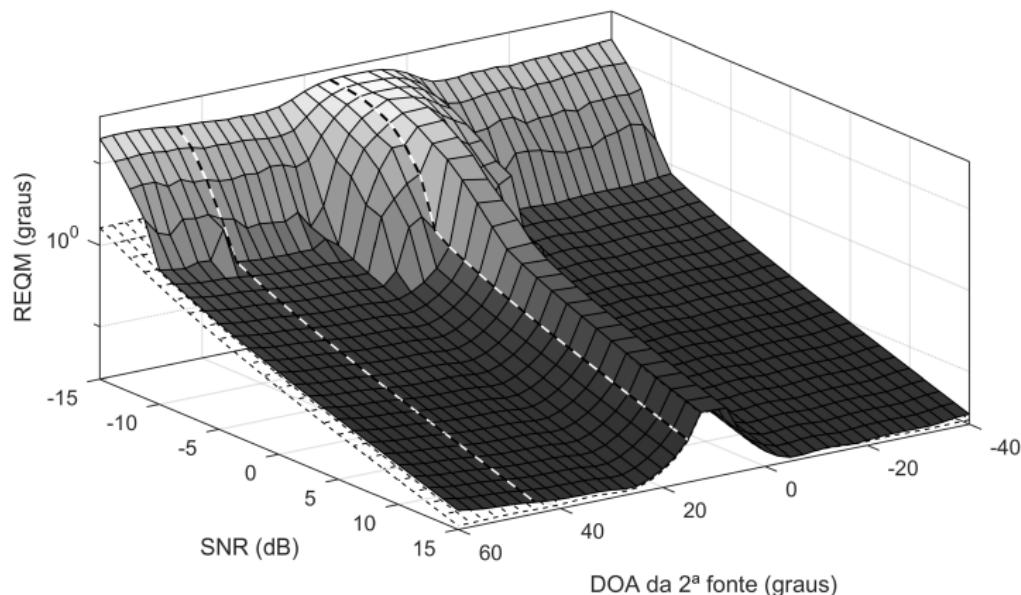
[Defesa](#)[Hugo Silva](#)[Definição](#)[MLE](#)[Histórico do SEAD](#)[Filtragem espacial](#)[SEAD Modificado](#)[Publicações](#)[Presente/futuro do SEAD](#)

**Figura:** Superfície REQM para o **SEAD Aprimorado sem filtragem espacial** considerando sinais descorrelacionados.



[Defesa](#)[Hugo Silva](#)[Definição](#)[MLE](#)[Histórico do SEAD](#)[Filtragem espacial](#)[SEAD Modificado](#)[Publicações](#)[Presente/futuro do SEAD](#)

**Figura:** Superfície REQM para o **SEAD Modificado** utilizando o **BFGS sem filtragem espacial** considerando sinais descorrelacionados.



# SEAD Modificado (2017)

Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

Histórico do  
SEAD

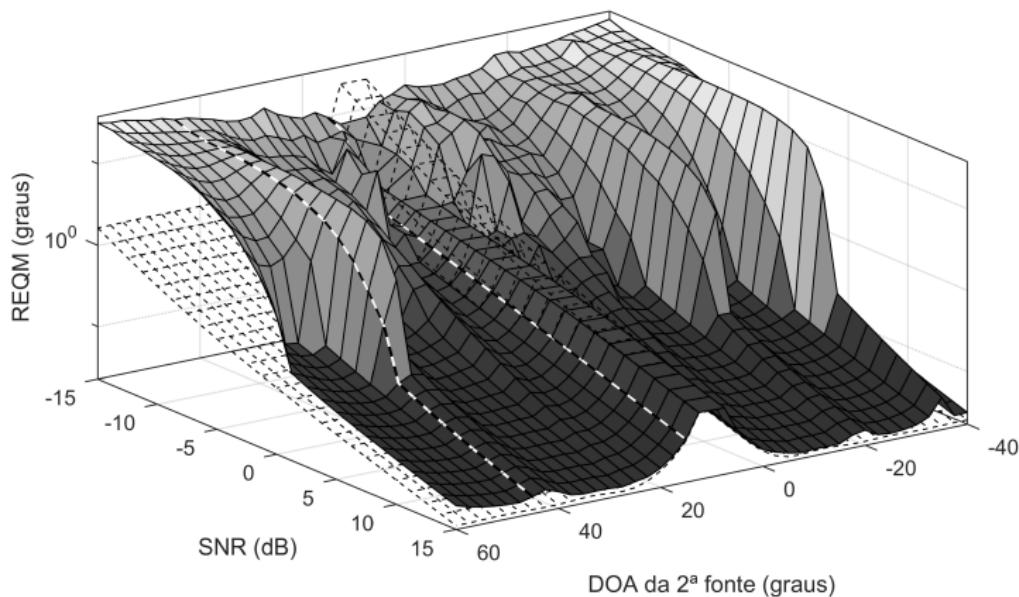
Filtragem  
espacial

SEAD  
Modificado

Publicações

Presente/  
futuro do  
SEAD

**Figura:** Superfície REQM para o **SEAD Modificado utilizando o BFGS com o máximo autofiltro espacial** e considerando sinais descorrelacionados.



# SEAD Modificado (2017)

Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

Histórico do  
SEAD

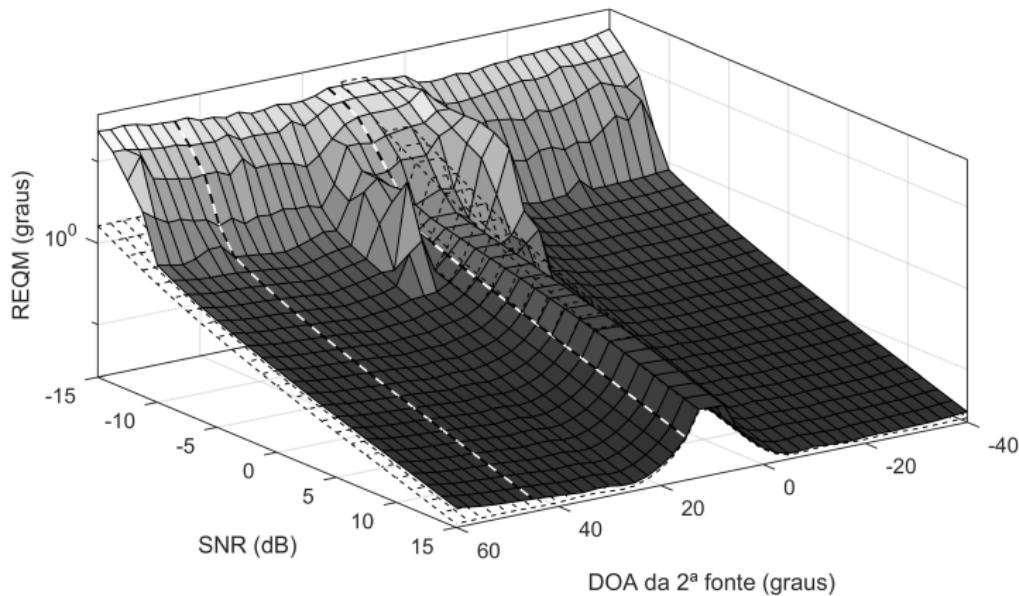
Filtragem  
espacial

SEAD  
Modificado

Publicações

Presente/  
futuro do  
SEAD

**Figura:** Superfície REQM para o **SEAD Modificado utilizando o BFGS com o filtro da Proposta 1** considerando sinais descorrelacionados.



# SEAD Modificado (2017)

Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

Histórico do SEAD

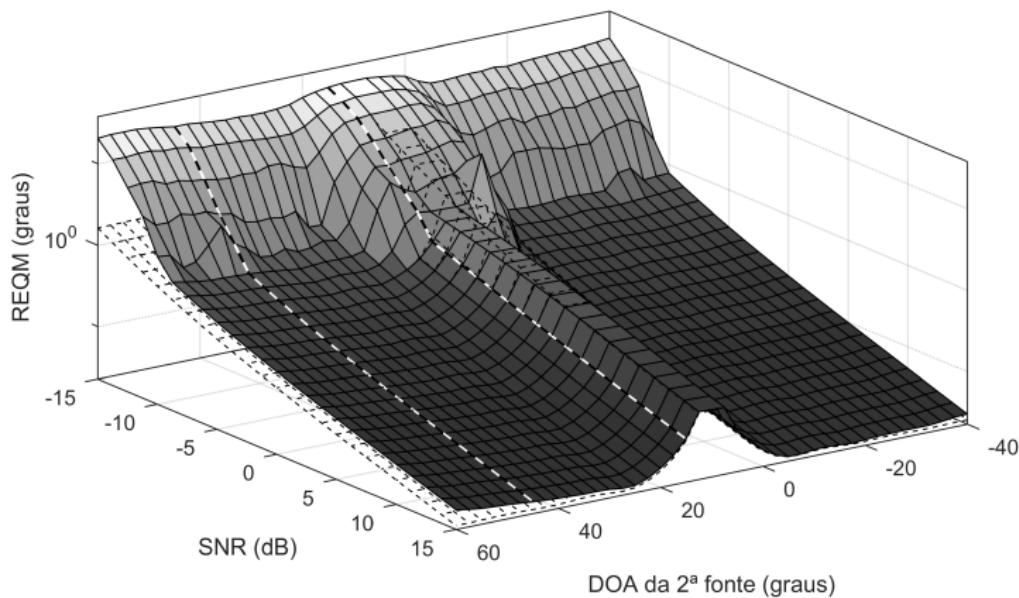
Filtragem  
espacial

SEAD  
Modificado

Publicações

Presente/  
futuro do  
SEAD

**Figura:** Superfície REQM para o **SEAD Modificado utilizando o BFGS com o filtro da Proposta 2** considerando sinais descorrelacionados.



# SEAD Modificado (2017)

Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

Histórico do  
SEAD

Filtragem  
espacial

SEAD  
Modificado

Publicações

Presente/  
futuro do  
SEAD

**Tabela:** Percentil 97 dos tempos de execução (em segundos) dos estimadores avaliados.

Fontes	MODEX Mod	SEAD Aprim	SEAD Mod	SEAD Mod H1	SEAD Mod H2	SEAD Mod H3
2	0,0160	0,0360	<b>0,0336</b>	<b>0,0378</b>	<b>0,0338</b>	<b>0,0438</b>
3	0,0161	0,0302	<b>0,0141</b>	<b>0,0141</b>	<b>0,0152</b>	<b>0,0188</b>
4	0,0757	0,0710	<b>0,0175</b>	<b>0,0184</b>	<b>0,0197</b>	<b>0,0208</b>
5	0,5047	0,2205	<b>0,0357</b>	<b>0,0391</b>	<b>0,0408</b>	<b>0,0439</b>
6	3,2867	0,6682	<b>0,1213</b>	<b>0,1332</b>	<b>0,1372</b>	<b>0,1347</b>
7	22,3552	2,1439	<b>0,7811</b>	<b>0,8222</b>	<b>0,8416</b>	<b>0,8233</b>
8	151,0126	6,7761	<b>1,5624</b>	<b>1,6380</b>	<b>1,6689</b>	<b>1,6354</b>

Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

Histórico do  
SEAD

Filtragem  
espacial

SEAD  
Modificado

Publicações

Presente/  
futuro do  
SEAD

- 2005 FERREIRA, Y. R.; LEMOS, R. P. A new DOA estimation algorithm based on angle search through the difference between the principal singular values. In: Proceedings of the International Microwave and Optoelectronics Conference. Brasília, Brasil: [s.n.], 2005. p. 283–286.
- 2005 FERREIRA, Y. R.; LEMOS, R. P. A new DOA estimation algorithm based on differential spectrum. In: Proceedings of the Eighth International Symposium on Signal Processing and Its Applications. Sydney, Austrália: [s.n.], 2005. p. 303–307.
- 2012 SILVA, H. V. L. et al. A branch-and-bound inspired technique to improve the computational efficiency of DOA estimation. *Signal Processing*, v. 93, n. 4, p. 947–956, Abril 2013. ISSN 0165-1684.
- 2016 LEMOS, R.P.; SILVA, H.V.L.; FLORES, E.L.; KUNZLER, J.A.; BELTRÁN, D.F.B. Spatial Filtering Based On Differential Spectrum For Improving ML DOA Estimation Performance. *IEEE Signal Processing Letters*. v. 23, n. 12, pp. 1811-1815. Agosto 2016.
- 2021 LEMOS, R.P.; SILVA, H.V.L.; FLORES, E.L.; KUNZLER, J.A. Mathematical Analysis and Improvement of the Maximum Spatial Eigenfilter for Direction of Arrival Estimation. *Journal of Microwaves, Optoelectronics and Electromagnetic Applications (JMOE)*, v. 20, n. 1, pp. 76-90. Março 2021.
- XXXX SEAD Modificado?

# Presente/futuro do SEAD

Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

Histórico do  
SEAD

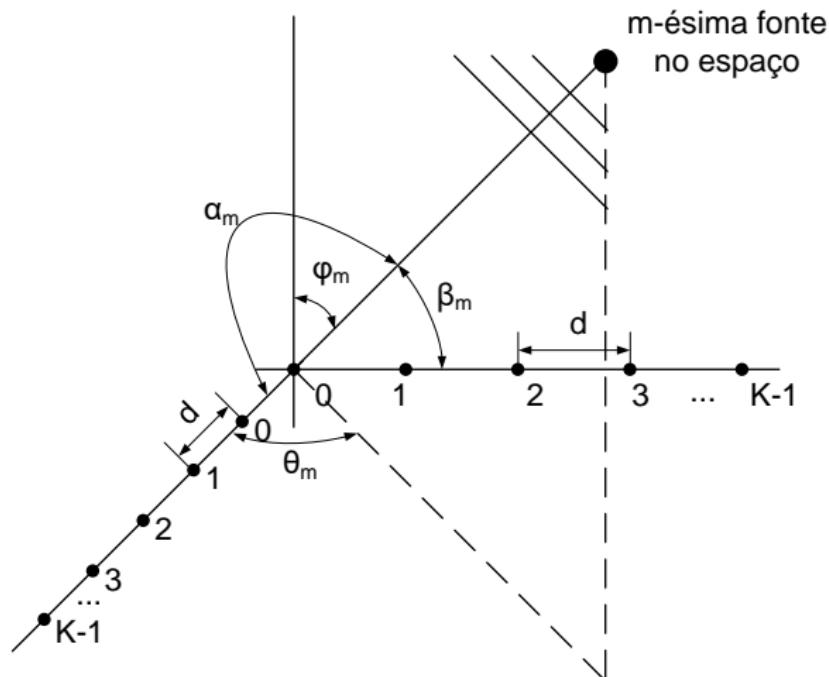
Filtragem  
espacial

SEAD  
Modificado

Publicações

Presente/  
futuro do  
SEAD

- O interesse atualmente está no DOA 2D → deve-se estimar elevação e azimute da  $m$ -ésima fonte usando um arranjo ULA em formato de L:



Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

Histórico do  
SEADFiltragem  
espacialSEAD  
Modificado

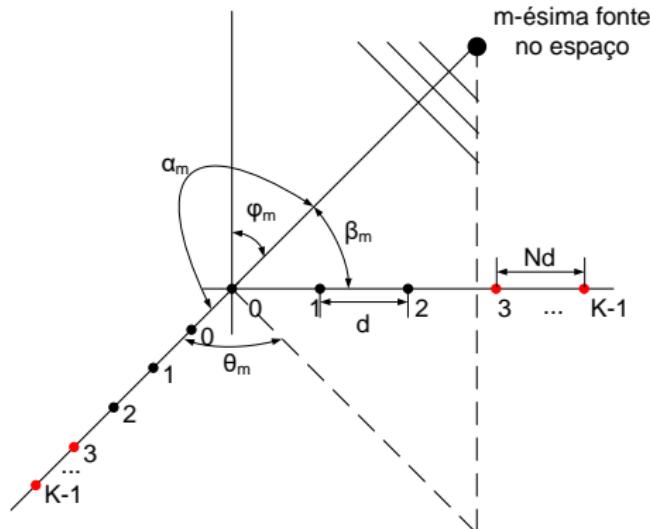
Publicações

Presente/  
futuro do  
SEAD

- Em dezembro/2023 conseguimos realizar testes onde foi possível verificar que:
  - O SEAD Modificado e os filtros espaciais funcionam sem modificações no problema DOA 2D com arranjo **ULA** em formato de L **usando observações separáveis**;
  - O desempenho de estimação é bom, mas ainda temos que implementar outros métodos DOA 2D para comparamos objetivamente;
  - O esforço computacional parece ser baixo →  $2 \times$  (cálculo do filtro + execução do SEAD), mas ainda falta comparação com outros métodos DOA 2D;
  - Com observações separáveis, um dos maiores desafios foi realizar o *pair matching*  $\{\alpha_m, \beta_m\}$ .

[Defesa](#)[Hugo Silva](#)[Definição](#)[MLE](#)[Histórico do SEAD](#)[Filtragem espacial](#)[SEAD Modificado](#)[Publicações](#)[Presente/  
futuro do  
SEAD](#)

- Neste ano de 2024, começamos a avaliar, com resultados aparentemente promissores, mas ainda preliminares:
  - Usar o arranjo **aninhado** em formato de L para comparação com artigos mais recentemente publicados na área:



- Arranjos aninhados oferecem  $K^2$  graus de liberdade em vez de  $(K - 1)$  como na ULA.



# Presente/futuro do SEAD

Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

Histórico do  
SEAD

Filtragem  
espacial

SEAD  
Modificado

Publicações

Presente/  
futuro do  
SEAD

- Além disso, neste mês de março/2024, um artigo foi publicado que cita a aplicação do SEAD Aprimorado (2012) no problema de localização de alta precisão:

**2024** He, D. DOA Estimation Approach Based on Parallel Stochastic Resonance System and Signal Correlation Calculation. *Circuits, Systems, and Signal Processing*. Março 2024.



Defesa

Hugo Silva

Definição

MLE

Histórico do  
SEAD

Filtragem  
espacial

SEAD  
Modificado

Publicações

Presente/  
futuro do  
SEAD

Obrigado!