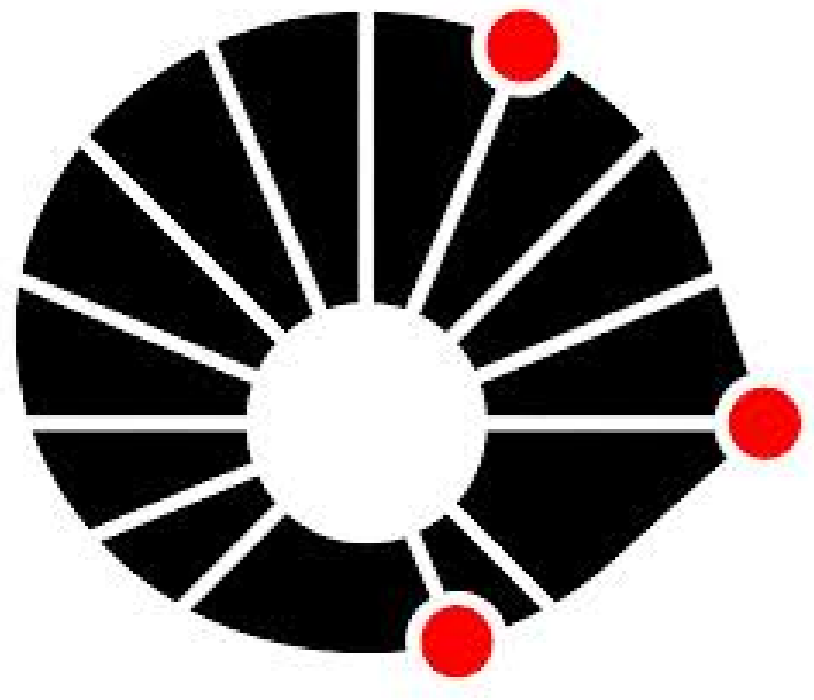


# MEDIDAS DE COERÊNCIA



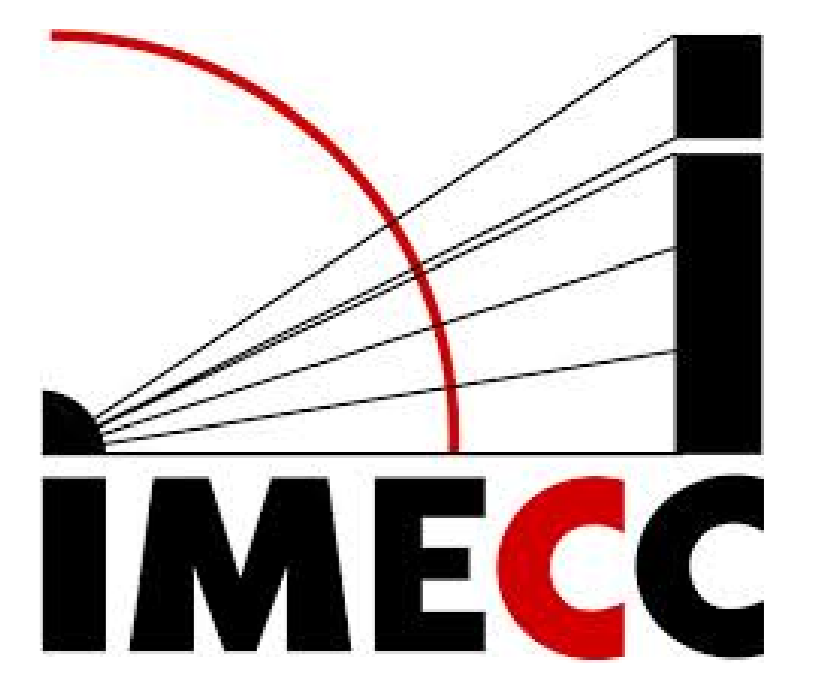
Cristina Teruko Ota  
cristina.ota@gmail.com

Dr. Lúcio Tunes dos Santos (orientador)  
lucio@ime.unicamp.br

IMECC - Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica

Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC - CNPq

Coerência - Semblance - Varimax - Tempo de trânsito



## Introdução

Na exploração sísmica procura-se, a partir dos eventos de reflexão, deduzir informações sobre o comportamento das rochas e como estas estão dispostas na subsuperfície, a partir da observação dos tempos de trânsito das ondas sísmicas.

No processo de Análise de Velocidades (VELAN) através do método CMP (do inglês “Common Midpoint”), para cada evento selecionado, a correspondente velocidade é estimada através de um processo de ajuste dos tempos de trânsito a uma certa curva hiperbólica. Dessa maneira, é necessária uma medida para decidir se uma certa curva se ajusta aos tempos de trânsito.

Neste projeto foram estudadas as funções *semblance* e *varimax* como medidas de coerência para o ajuste dos tempos de trânsito.

## Metodologia

**Semblance** – Como medida de coerência, a função *semblance* é a mais utilizada para dados de cobertura múltipla ou com ruídos, pois estabelece um critério para identificar os modelos corretos, ou mais próximos do real.

A função *semblance* de ordem 2 é definida por

$$S_2 = \left( \sum_{i=1}^N u_i \right)^2 / \left( N \sum_{i=1}^N u_i^2 \right). \quad (1)$$

em que  $u_i = u(h_i, T(h_i))$  é a energia do sinal sísmico, com  $i = 1, \dots, N$ ,  $N$  é o número de traços e  $h_i$  e  $T(h_i)$  representam, respectivamente, o meio afastamento entre fonte e receptor e os tempos de trânsito.

Pode-se também considerar o empilhamento para várias amostras de tempo (índice  $k$ ) em dada janela de tempo de tamanho  $2\omega + 1$ , o qual deve estar relacionado ao comprimento do sinal da onda do evento. O somatório aumenta a razão sinal-ruído do empilhamento. Podemos reformular a função *semblance* de ordem 2 como

$$S_2 = \sum_{k=-\omega}^{\omega} \left( \sum_{i=1}^N u(h_i, T(h_i) + k\Delta t) \right)^2 / \sum_{k=-\omega}^{\omega} N \sum_{i=1}^N u^2(h_i, T(h_i) + k\Delta t), \quad (2)$$

onde  $k$  representa a discretização da janela ao redor de  $T(h_i)$  e  $\Delta t$  é o intervalo temporal. Outra forma de obtermos a *semblance* de ordem 2 é dada por

$$S_2 = 1 - \frac{\sigma_2}{\mu_2}, \quad (3)$$

em que  $\mu_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N u_i^m$  é o momento de ordem  $m$  e  $\sigma_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (u_i - \mu_1)^m$  o momento central de ordem  $m$ . Em particular,  $\sigma_2$  é a variância, com  $\sigma_2 = \mu_2 - \mu_1^2$ .

Analogamente à *semblance* de ordem 2, temos que a generalização da *semblance* local de ordem par é dado por

$$S_m = 1 - \frac{\sigma_m}{\mu_m}. \quad (4)$$

Logo, temos que a *semblance* de ordem 4 é dada por

$$S_4 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (u_i - \mu_1)^4}{\sum_{i=1}^N u_i^4}. \quad (5)$$

**Varimax** – A função *varimax* é definida como

$$\phi = \left( \sum_{i=1}^N \text{sign}(u_i) \cdot u_i^2 \right)^2 / \left( N \sum_{i=1}^N u_i^4 \right), \quad (6)$$

em que  $u_i$  e  $N$  são como definidos anteriormente.

## Implementação computacional

Para a comparação das funções *semblance* e *varimax*, foi utilizado um dado sintético (Figura 1), gerado pelo programa GêBR [1], de camadas estratificadas com refletores horizontais e velocidades constantes.

**Semblances de ordem 2 e 4** – Sem a adição de ruído e sem uso de janela temporal, temos o comportamento mostrado na Figura 2. Com adição de 15% de ruído e janela temporal de comprimento 11 temos a Figura 3.

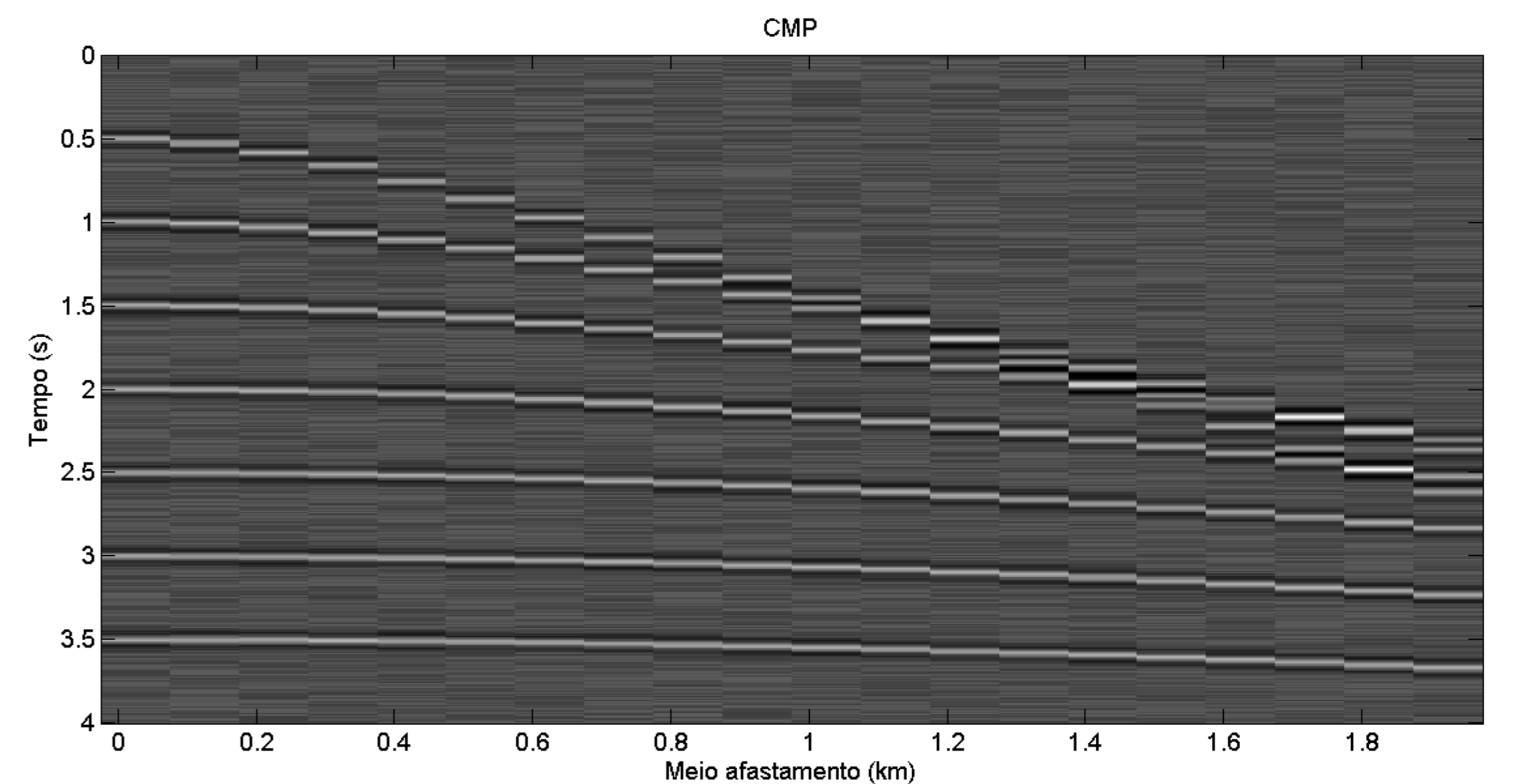


Figura 1: Dado sísmico sem adição de ruído

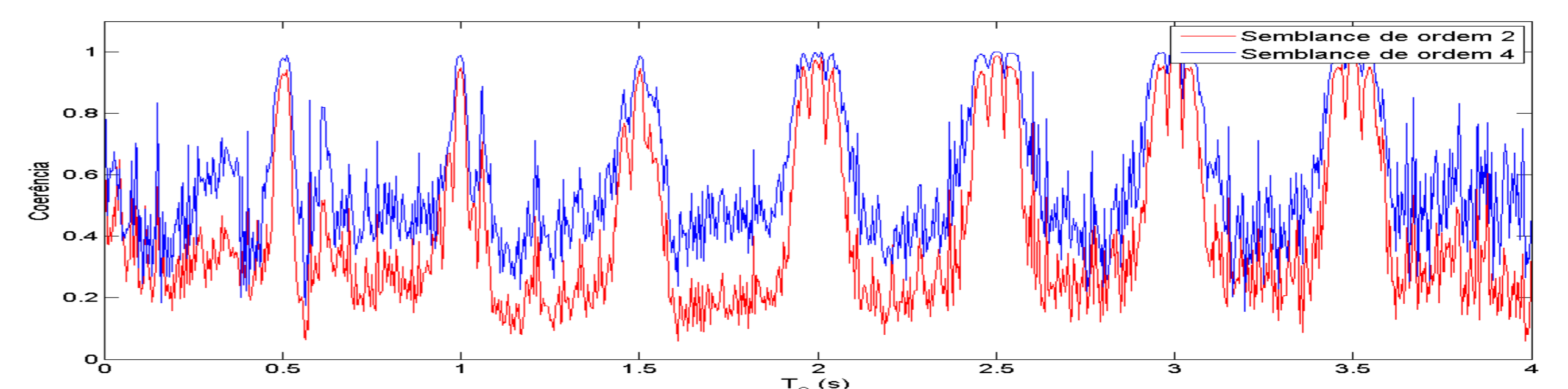


Figura 2: Valores de coerência sem adição de ruído

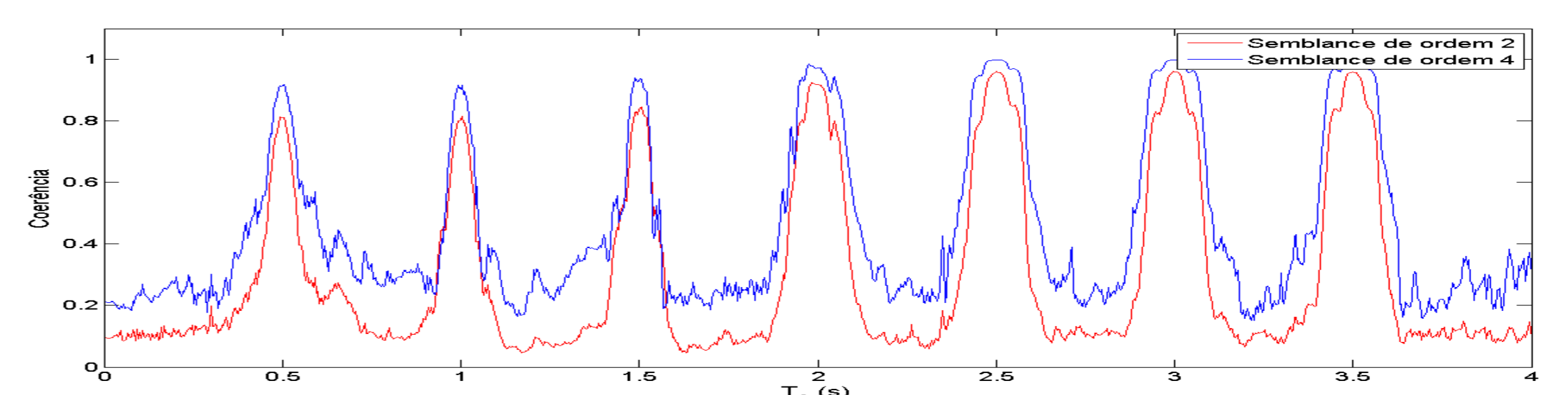


Figura 3: Valores de coerência com adição de 15% de ruído e janela temporal de comprimento 11

**Semblance de ordem 4 e varimax** – Para a comparação da *semblance* e da *varimax* foi utilizado apenas a *semblance* de ordem 4 pois apresentou melhores resultados em relação ao de ordem 2. Temos então a Figura 4.

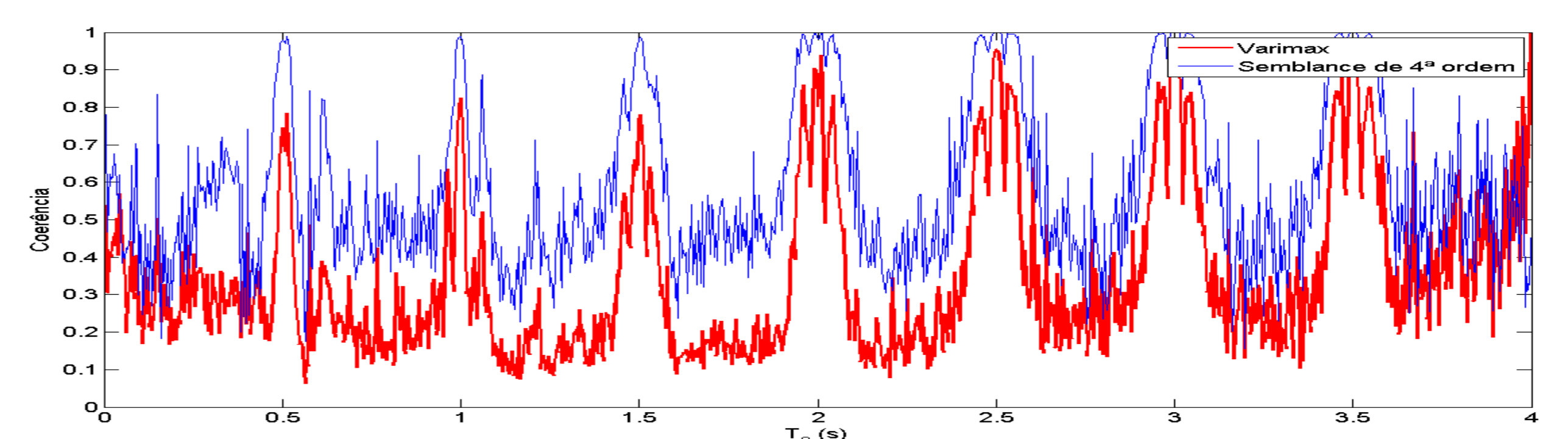


Figura 4: Comparação das funções *varimax* e *semblance*

## Considerações finais

Os valores da *semblance* de ordem 4 são mais elevados quando comparados aos de ordem 2 e à função *varimax*. Com o aumento do ruído e da janela temporal os “picos” ficaram menos elevados, mas mais acentuados. Pela Figura 3 percebemos que a *semblance* de ordem 4 é menos dependente do nível de ruído e abertura da janela temporal em relação ao de ordem 2.

**Agradecimentos** – Ao meu orientador Prof. Dr. Lúcio Tunes dos Santos pelo ensino e dedicação e ao PIBIC/CNPq pelo fomento.

## Referências bibliográficas

- [1] BILOTI, R. GêBR: A Free Seismic Processing Interface. 74th EAGE Conference & Exhibition, 2012.
- [2] FOMEL, S, LANDA, L and TANER, MT. Poststack velocity analysis by separation and imaging of seismic diffractions. Geophysics, 2007.
- [3] LIMA, E, SANTOS, LT, SCHLEICHER, J and TYGEL, M. A comparison of semblances of different order in common-reflection-surface parameter estimation. Journal of Geophysics and Engineering, 2011.
- [4] NEWRICK, RT and LINES, L.R. Fundamentals of Geophysical Interpretation. SEG, 2004.
- [5] NUNES, RS. Obtenção de modelo de velocidades pelo método CRS. Dissertação de Mestrado - FEM-IG/UNICAMP, 2005.