

Efeitos da Anisotropia em Dados MCSEM 1D

Walleson Gomes dos Santos* e Cícero Roberto Teixeira Regis
Universidade Federal do Pará

Copyright 2012, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no V Simpósio Brasileiro de Geofísica, Salvador, 27 a 29 de novembro de 2012. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do V SimBGF, mas não necessariamente representa a opinião da SBGF ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGF.

Resumo

Apresentaremos as respostas do campo eletromagnético gerado por um dipolo elétrico horizontal num meio estratificado com anisotropia transversal e com base nestes dados faremos uma investigação dos efeitos da anisotropia nas medições CSEM efetuadas em ambiente marinho.

Introdução

Na interpretação dos dados CSEM marinho o meio abaixo assoalho marinho é usualmente considerado um meio eletricamente isotrópico. Contudo, é comumente conhecido que sequências de camadas sedimentares, que são frequentemente encontradas na exploração de óleo e gás, apresentam anisotropia elétrica (Tompkins, 2005).

Desconsiderar os efeitos da anisotropia na interpretação de dados MCSEM pode levar a uma imagem geoeletrica distorcida das estruturas do fundo oceânico e, até mesmo, a interpretações erradas. Em algumas medidas MCSEM, a resistividade da camada encaixante (background) determinada pelos receptores *inline* com o transmissor é muito maior do que resistividade obtida pelos receptores *crossline* com o transmissor. Essas diferenças podem ser causadas pela anisotropia elétrica (Lu; Xia, 2007).

Neste trabalho, investigamos os efeitos da anisotropia nas medições CSEM efetuadas no fundo do mar, e verificamos a dependência que o efeito anisotrópico tem da geometria transmissor-receptor. Mostramos também que cada componente do campo eletromagnético é afetada de maneira diferente pela anisotropia.

Teoria

Para meios estratificados transversalmente isotrópicos com um eixo de simetria vertical, os campos magnético \mathbf{H} (A/m) e elétrico \mathbf{E} (V/m) no domínio da frequência são obtidos através do potencial vetor \mathbf{A} (Kaufman; Keller, 1989),

$$\mathbf{H} = \nabla \times \mathbf{A} \quad (1)$$

$$\mathbf{E} = -i\omega\mu \mathbf{A} - \nabla U \quad (2)$$

Considerando um dipolo elétrico orientado na direção x e escolhendo a condição de Gauge $\nabla \cdot \mathbf{A} = -\sigma_h \cdot U$, encontramos as equações que definem o potencial \mathbf{A} ,

$$\nabla^2 A_x + k_h^2 A_x = -I(\omega) ds_x \delta(x) \delta(x) \delta(x) \quad (3)$$

$$\nabla^2 A_z + k_v^2 A_z = \left(1 - \frac{1}{\lambda^2}\right) \frac{\partial}{\partial z} \nabla \cdot \mathbf{A} \quad (4)$$

onde $k_h^2 = -i\omega\mu\sigma_h$, $k_v^2 = -i\omega\mu\sigma_v$ e $\lambda^2 = \sigma_h/\sigma_v$.

As equações (3) e (4) são solucionadas no domínio (k_x, k_y, z) de Fourier, utilizando as condições de continuidade das componentes tangenciais do campo eletromagnético. A solução do potencial \mathbf{A} no domínio espacial é obtida através da transformada inversa de Fourier e com o auxílio das equações (1) e (2) encontramos a solução do campo eletromagnético.

Resultados

Vamos investigar os efeitos da anisotropia nas medições do método CSEM marinho considerando as geometrias *inline* e *broadside* (*crossline*) para disposição transmissor-receptor. Com o dipolo orientado na direção x , pode-se medir apenas as componentes E_x , H_y e E_z na geometria *inline* e E_x , H_y e H_z na geometria *broadside*. Nessa investigação vamos considerar o transmissor sempre a 30m do fundo do mar e que ele funciona num regime de frequência de 0,25Hz.

Os resultados apresentados nas figuras (2), (3) e (4) referem-se ao modelo da figura (1) e os resultados da figura (6) tem como referência o modelo da figura (5).

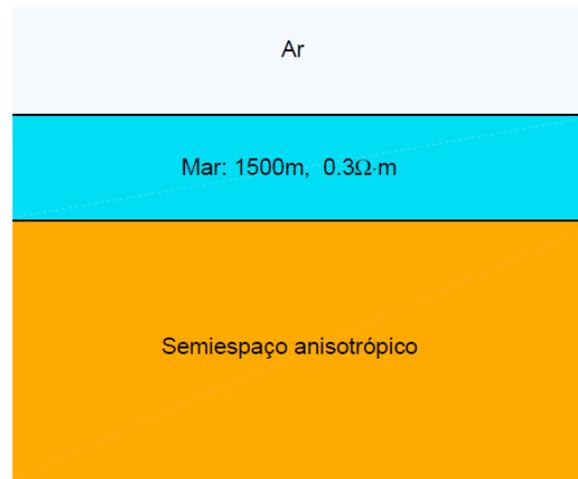


Figura 1 - Modelo interpretativo para o método MCSEM, onde o meio abaixo do assoalho marinho é considerado um semiespaço anisotrópico

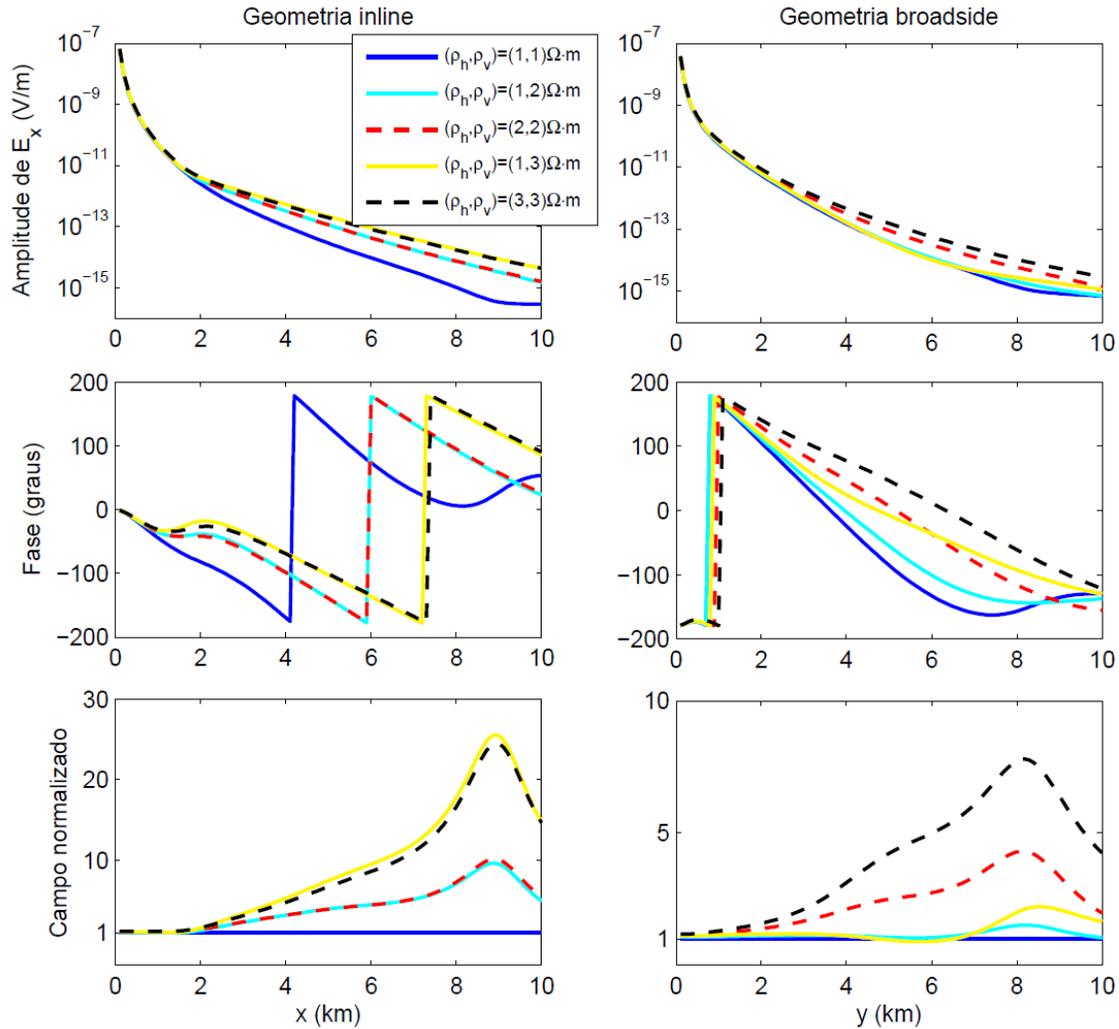


Figura 2 - Resultados para a componente E_x inline e broadside

A figura (2) mostra que para as medidas de E_x inline os modelos com o mesmo valor de resistividade vertical apresentam, aproximadamente, a mesma resposta, ainda que, o valor da resistividade horizontal seja diferente. Verifica-se, também, que um aumento da resistividade vertical implica num aumento da amplitude de E_x inline. Para as medidas de E_x broadside os modelos com o mesmo valor da resistividade horizontal apresentam a mesma resposta até uma distância de, aproximadamente, 7km a partir desta distância a resposta começa a sofrer influência da resistividade vertical.

Portanto, podemos concluir que a componente E_x inline é mais sensível a resistividade vertical, enquanto que, a componente E_x broadside é mais sensível a resistividade horizontal para medidas mais próximas do transmissor e passa a sofrer influência da resistividade vertical para medidas mais afastadas do transmissor. As mesmas

conclusões obtidas para componente E_x se aplicam à componente H_y , como mostra a figura (3).

A figura (4) mostra que a componente E_z é mais sensível a resistividade vertical, enquanto que, a componente H_z é afetada apenas pela resistividade horizontal. Isso ocorre porque, E_z e H_z são gerados, respectivamente, por correntes elétricas verticais e correntes elétricas horizontais.

Agora, vamos considerar os modelos com reservatório definidos na figura (5), para avaliar a influência da anisotropia na "resposta" do reservatório. Com esse propósito, vamos analisar duas situações distintas: (1) meio encaixante com variação de anisotropia e, reservatório com água de resistividade $2\Omega\text{m}$ ou reservatório com hidrocarboneto de resistividade $100\Omega\text{m}$ (figura 5a); (2) meio encaixante com anisotropia fixa e reservatório com hidrocarboneto e anisotropia variável (figura 5b).

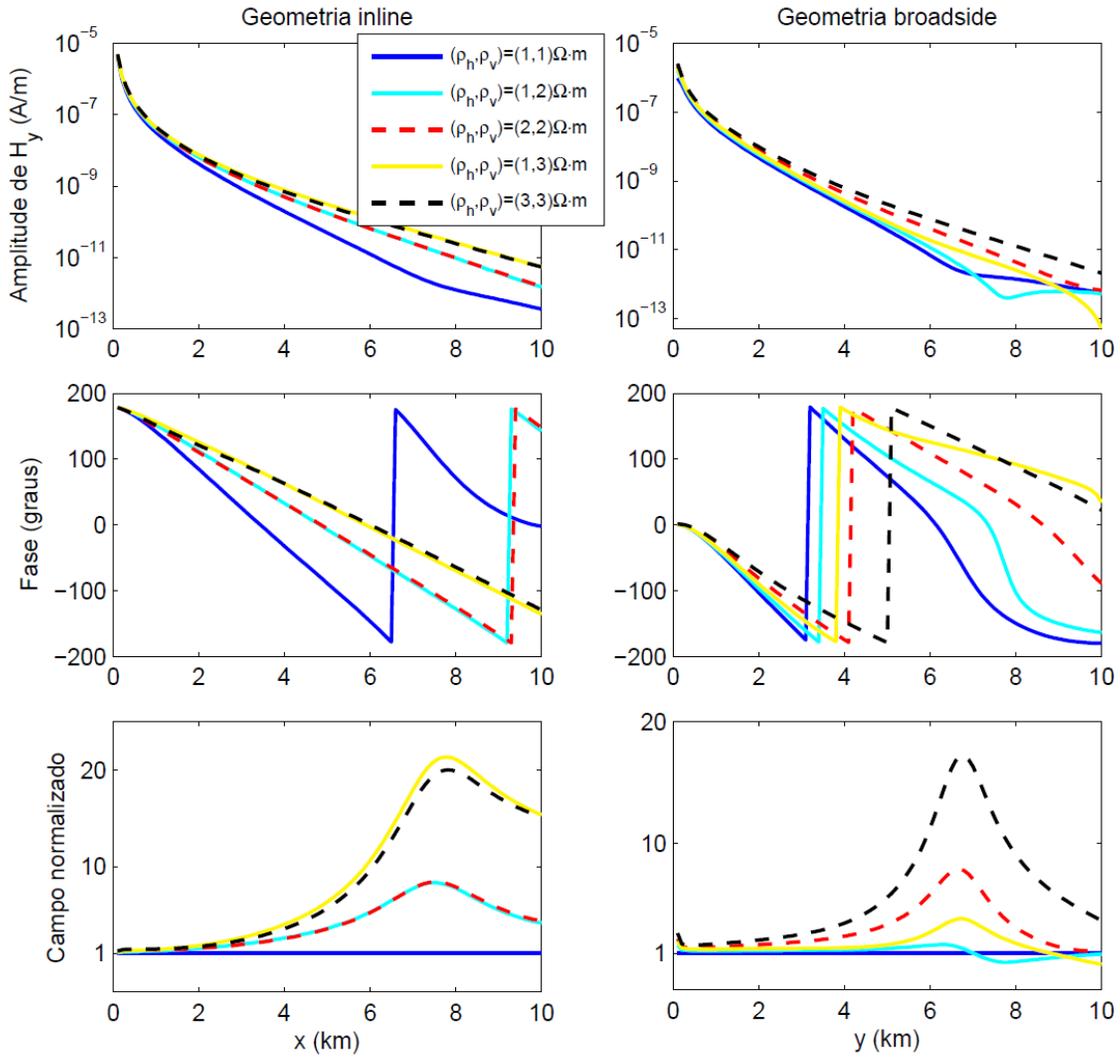


Figura 3 - Resultados para a componente H_y inline e broadside

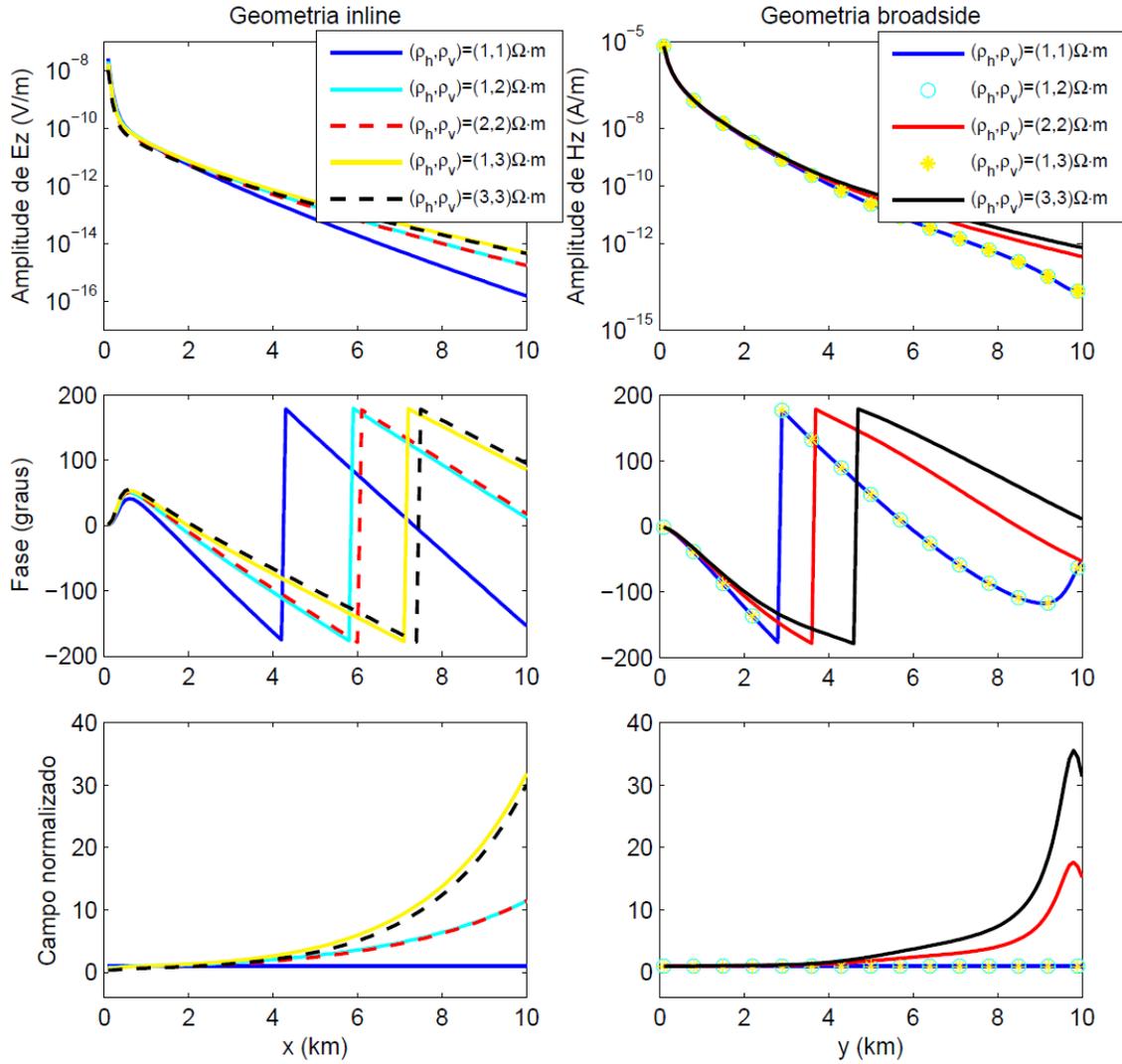


Figura 4 - Resultados para a componente E_z (inline) e H_z (broadside)

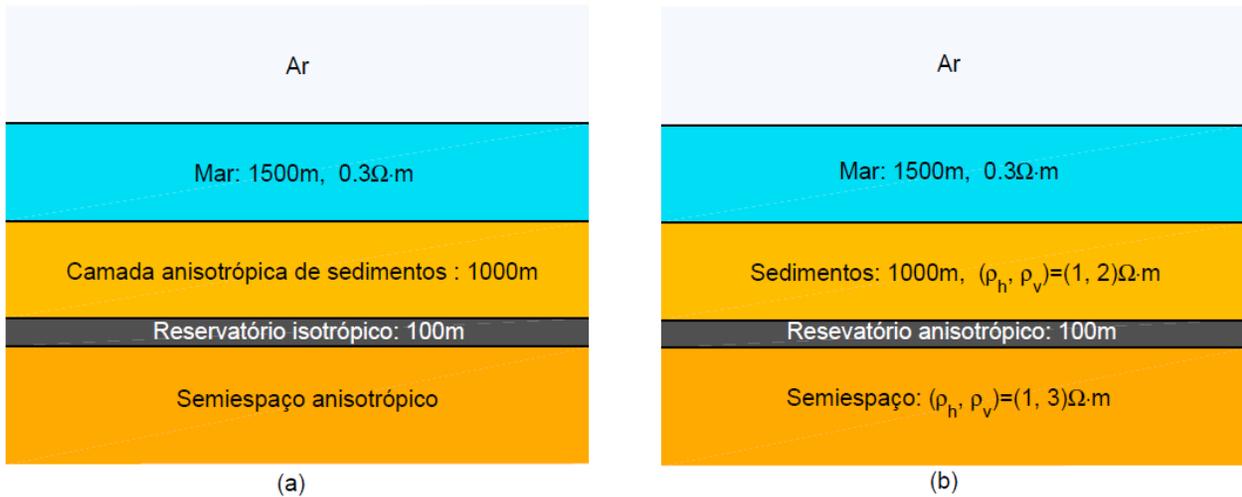


Figura 5 - Modelo interpretativo para o método MCSEM com reservatório.

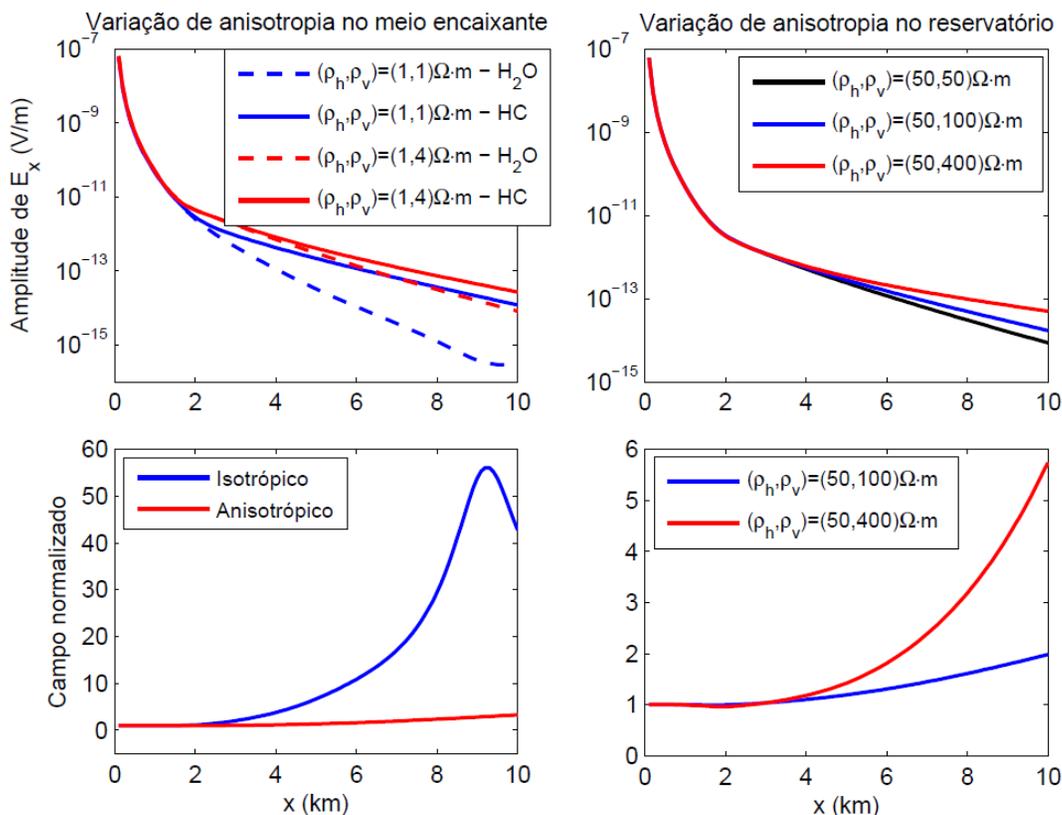


Figura 6 - Componente E_x (inline) para os modelos definidos na figura (5)

Na figura (6) observamos que quando o reservatório está contido num meio anisotrópico a diferença entre as amplitudes da componente E_x para os dois tipos de reservatórios diminui. Isso ocorre porque a anisotropia do meio encaixante gera um sinal grande comparado ao do reservatório isotrópico. Portanto, a anisotropia pode dificultar a detecção de reservatórios de hidrocarbonetos ou até levar a interpretações erradas dos dados MCSEM.

A figura (6) mostra, também, a resposta para segunda simulação, onde a anisotropia do reservatório está variando. Neste caso, um aumento na resistividade vertical do hidrocarboneto produz um aumento na amplitude de E_x .

Discussão e Conclusões

Com base nos resultados apresentados e nas observações obtidas verificamos que a anisotropia afeta de forma distinta as componentes do campo eletromagnético conforme a disposição transmissor-receptor. Verificamos, também, que a anisotropia dificulta a interpretação dos dados MCSEM, podendo levar até a interpretações erradas desses dados quando os efeitos da anisotropia são desconsiderados. Portanto, o conhecimento de como a anisotropia afeta as medidas MCSEM contribui significativamente na interpretação dessas medidas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao suporte dado pelo Programa de Pós-Graduação em Geofísica da Universidade Federal do Pará e aos incentivos dados pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Geofísica do Petróleo (INCT-GP). Um dos autores, Walleson Gomes dos Santos, também agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudos.

Referências

- Kaufman, A. A.; Keller, G.V. 1989. Induction logging. Elsevier, Amsterdam, 600pp.
- Lu, X.; Xia, C. 2007. Understanding Anisotropy in Marine CSEM Data. In: Annual International Meeting, San Antonio. Expanded Abstracts. San Antonio: Society of Exploration Geophysics, 2007.
- Tompkins, M. J. 2005. The Role of Vertical Anisotropy in Interpreting Marine Controlled-Source Electromagnetic Data. In: Annual International Meeting, Houston. Expanded Abstracts. Houston: Society of Exploration Geophysics, 2005.