



Sistema EMDT - Modelagem Reduzida

José Geraldo das Virgens Alves e Om Prakash Verma

DGF/CG/UFPA

Abstract

Scale modeling has been an useful and efficient tool for studying electrical and electromagnetic geophysical prospecting techniques. In time domain modeling measuring systems are complex due to the large dynamic range and very fast decay of transient signal. Advances in signal digitizing technology has provided facility for the assemblage of fast signal sampling systems. Using such technology a laboratory for TEM measurements was built based on a 500MHz/1GS/s digitizing/oscilloscope. System transmitter has an arbitrary signal generator and a power amplifier. Transient signal is received by a wide band controllable gain amplifier. Several pair of coils were built for use in many Tx-Rx configurations. The system can provide excitation by several wave shapes and a large range of options for choosing time band, signal gain and stacking, permitting also simulation of field TEM systems. The lab has a set of metallic and graphitic bodies of several shapes and conductivities, as well as saline solutions that can be used to model metallic ore deposits in different geological environment and to study groundwater in crystalline and stratified media.

INTRODUCTION- Modelagem reduzida tem sido bastante usada no estudo de técnicas elétricas e eletromagnéticas de prospecção geofísica e, particularmente, tem se mostrado uma ferramenta útil e eficiente quando os métodos matemáticos e numéricos se tornam exageradamente difíceis. Um sistema de medidas eletromagnéticas no domínio do tempo associado a um conjunto de modelos de diversos materiais e formas geométricas além de um tanque podem simular uma prospecção eletromagnética, desde que sejam obedecidas as condições de similitude eletromagnética, tanto para as configurações – modelo geométrico - como para as medidas quantitativas em todas as propriedades eletromagnéticas do sistema simulado – modelo absoluto – tal como impedância, intensidade do campo (Verma,1972;Spies,1974; Frischknecht,1990). Deste modo, a condutividade elétrica, o tempo e as dimensões do modelo, subscrito m , e do campo - meio natural – subscrito n , ficam presas pela relação de similitude $\sigma_m L_m^2 / T_m = \sigma_n L_n^2 / T_n$ e, as impedâncias do modelo e meio natural estão presas através da relação entre as voltagens $V_n / V_m = L_n T_m / L_m T_n$.

UNIDADE DE AQUISIÇÃO DE DADOS

O sistema de medida, como é comum, é composto por duas partes: unidade de excitação (Tx) e a de recepção (Rx). O transmissor é constituído de um gerador de sinais arbitrários e um amplificador de potência; O tempo de aplicação de corrente T_{on} é sempre igual ao tempo sem corrente T_{off} usado para a recepção do sinal transiente, podendo-se controlar a frequência de operação do sistema pelo T_{off} . Para o Rx, foi feito um pré-amplificador-seguidor, seguido de amplificador com ganho controlável e filtro, que entregam o sinal transiente a um digitalizador/osciloscópio de 500MHz - 1Gsample/s, quatro canais, da série *INFINIUM* – Hewlet-Packard. O digitalizador é programável, tem interface gráfica e Windows – MS instalado. É completamente possível controlar a base de tempo e escolher o trecho do sinal transiente que se desejar, número de pontos (canais) e empilhamento.

Para realizar os vários tipos de configuração há um conjunto de pares de bobinas (Tx-Rx). As bobinas têm um formato quase planar, semelhante a discos, principalmente as receptoras; para resposta plana em frequência, na faixa de DC-30KHz. Sempre, um par fica sobre o modelo e, outro par pode ser posto distante apropriadamente ligado para a retirada de ruídos. Assim, é possível medir o decaimento do sinal (inteiro ou em faixas de tempo e de ganho) ou a diferença entre a resposta do modelo e a de ar-livre.

CONJUNTO DE MODELOS – Sólidos de várias formas e dimensões; placas, blocos, esferas, tarugos de alumínio, cobre, latão e chumbo servem de modelo para a faixa de condutividade entre 5×10^7 e 5×10^6 mho/m. Outros sólidos de grafite, coque de petróleo grafitado, antracito, cobrem a faixa de condutividade entre 1×10^6 a 1×10^4 mho/m. E, ainda, corpos feitos de pó ou flocos desses três últimos agregados com resina dão condutividade em torno de 400 mho/m. No tanque, soluções de NH_4Cl cobrem a faixa de 1 a 45 mho/m.

CUIDADOS - Atenção especial deve ser dada para as dimensões das bobinas de posicionamento relativo entre a bobina e o modelo, principalmente quando o fator de escala das dimensões (L_n / L_m) é maior que 10^3 , porque, por exemplo, a resposta $V(t)/I$ no caso de semi-espaços (Lee and Lewis, 1974) é proporcional a r^4 (r = raio da bobina). Os

erros cairão principalmente sobre o início do decaimento (*early-time*), prejudicando uma modelagem de baixa a média profundidade, quando se está analisando, por exemplo, a influência da cobertura, muitas vezes bastante condutiva nas regiões tropicais - o manto de intemperismo – a qual é causadora de fortes modificações nas anomalias EM nesses ambientes.

EXEMPLOS DE MODELAGEM – A seguir, são apresentadas respostas transientes de modelos simples que são bem conhecidas teoricamente, as quais servem para testar a confiabilidade do sistema na modelagem EMDT.

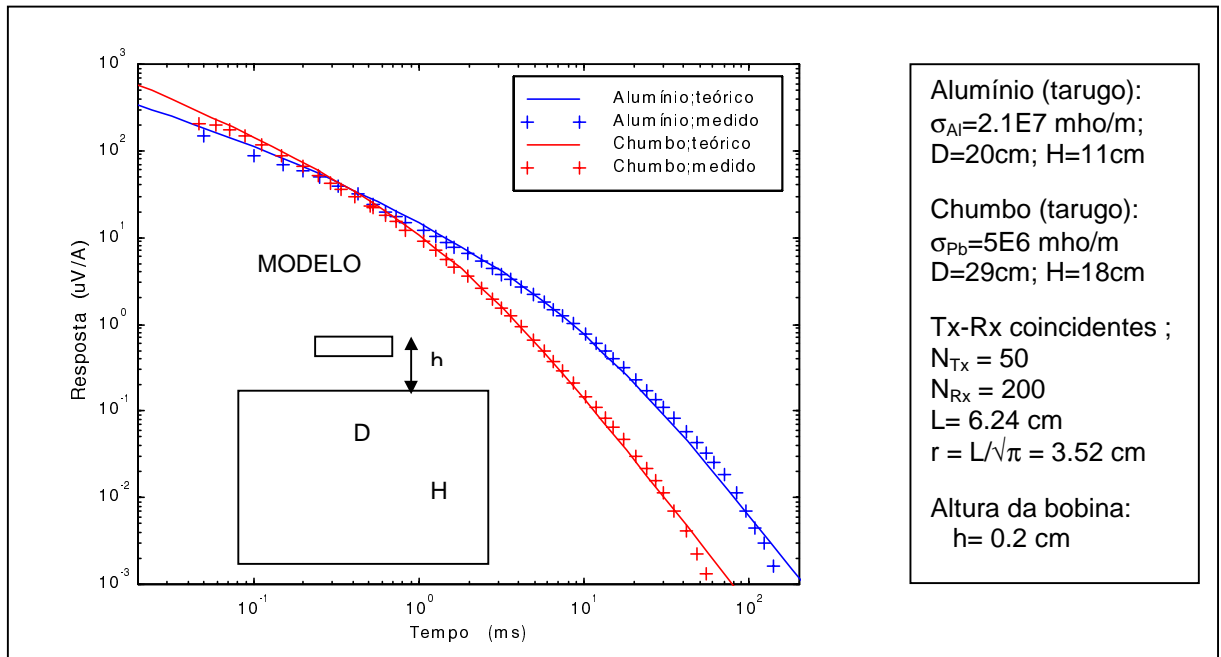


Fig.1- Respostas teóricas e modeladas de Tx-Rx coincidentes, para semi-espacos.

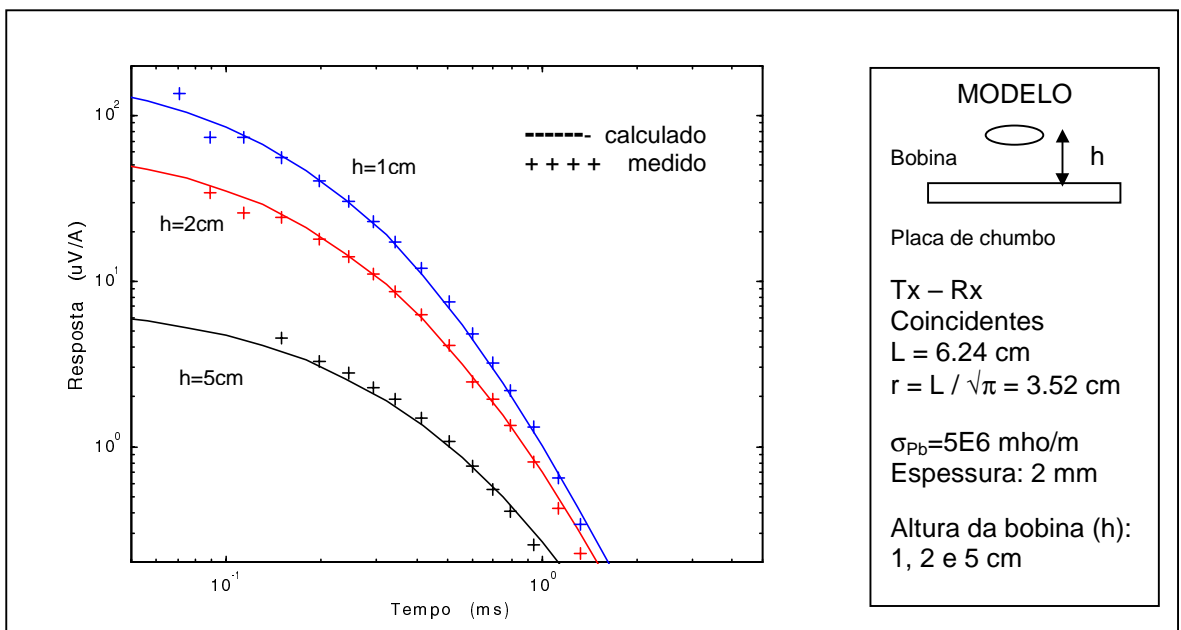


Fig.2- Respostas teóricas e modeladas de Tx-Rx coincidentes, para placa horizontal de chumbo em três profundidades.

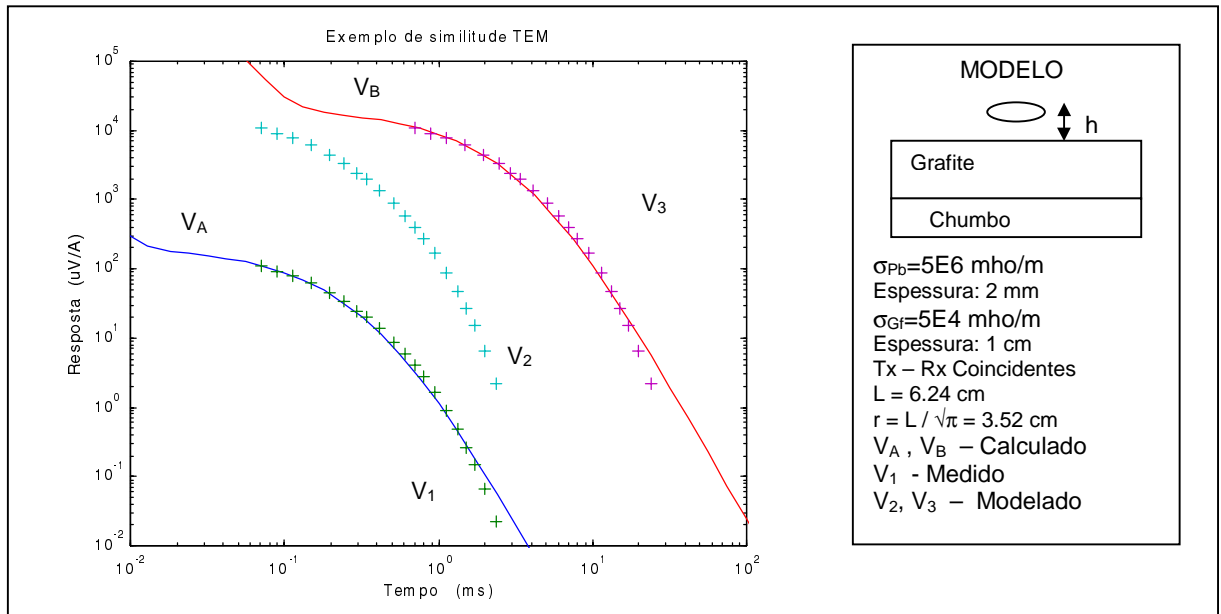


Fig.3- Exemplo de mudança de escala, para a modelagem de depósitos metálicos .

O caso mais simples é modelar uma terra uniforme, ou seja, um semi-espço homogêneo. Para isso, é conveniente usar o conceito de *smoke ring* sugerido por Nabighian (1979), para determinar as dimensões de tarugos ou blocos que serão os modelos de semi-espço. E, considerando o *skin depth* e as conseqüentes condições para *late-time*, modelos de tamanho razoável somente serão possíveis com materiais de alta condutividade. Na Fig.1, são apresentadas as respostas teórica e modelada com tarugos de alumínio e chumbo. Observa-se uma boa superposição das curvas. Em *early-time*, os desvios são devidos a diferenças submilimétricas entre as superfícies do carretel da bobina e do tarugo. Em *late-time*, nota-se que para os tamanhos da bobina e dos modelos, o comportamento como semi-espço vai até em torno de 40ms para o chumbo e 100 ms para o alumínio. Outro modelo simples é o meio estratificado horizontal. A Fig.2 mostra as respostas teórica e medida de uma camada condutiva em meio resistivo em três diferentes profundidades. Na Fig.3, mostra-se um exemplo de modelagem. A curva V₁, em (+), é a resposta medida sobre um modelo de quatro camadas: ar/grafite/chumbo/ar, sendo as espessuras, $h_1/h_2/h_3 = 2\text{mm}/10\text{mm}/2\text{mm}$, onde h_1 é a espessura da base do carretel da bobina que dá uma elevação de 2mm sobre a placa de grafite. A curva V_A é a resposta calculada para esse modelo. Usando-se os seguintes fatores de escala: $\ln/L_m = 10^3$ e $T_n/T_m = 10$, a relação entre as condutividades e condutâncias natural e do modelo ficam em $\sigma_n/\sigma_m = 10^5$ e $S_n/S_m = \sigma_n h_n / \sigma_m h_m = 10^2$, respectivamente. E, a relação entre as voltagens ficam em $V_n/V_m = 10^2$. Portanto, nas curvas V₁ e V_A tem-se a resposta de duas camadas condutivas simuladas pelas placas de grafite e chumbo com condutâncias iguais a $S_{2m} = 5 \times 10^2$ e $S_{3m} = 10^4$ siemen. Usando, agora, esses fatores de escala, pode-se deslocar a curva V₁ em voltagem, obtendo-se V₂ = 100xV₁, e desloca-la no tempo, para a direita, multiplicando-se o tempo por 10, obtendo-se então V₃. Por esses fatores, a curva V₃ é a resposta de um meio equivalente ao do modelo. Porém, as condutâncias que V₃ representa são, agora: $S_{2n} = 5$ e $S_{3n} = 100$ Siemen, os quais são valores dentro da faixa de condutâncias que podem ser encontradas em prospecção de minerais metálicos, ambiente de cobertura condutiva (Palacky, 1990). A curva V_B é a resposta para Tx-Rx coincidentes, quadrados de lado igual a 62,4 m, elevados de 2m da superfície do terreno sobre um ambiente de camadas com as condutâncias de 5 e 100 Siemen. Nota-se que há uma boa coincidência entre V₃ e V_B.

CONCLUSIONS – As medidas indicam que o conjunto pode ser usado em simulação de transiente eletromagnético. Usou-se a configuração de Tx-Rx coincidentes que é bem sensível a estratos horizontais e a excitação foi por degrau simples e de dupla polaridade. Pretende-se estudar várias outras configurações com diferentes formas de onda na excitação, para simular sistemas de campo. O laboratório tem dois objetivos principais que são: (1) Prospecção de minerais metálicos: estudar a influência do manto de intemperismo nas anomalias EMDT sobre corpos tabulares e (2) Prospecção de água subterrânea: aplicação de sondagem EMDT em ambientes cristalinos.

REFERENCES

FRISCHKNECHT, F.C., 1990, *Electromagnetic Physical Scale Modeling*, in Nabighian M.N. ed., *Electromagnetic methods in applied geophysics*, Vol.1, Chapter 6, pp 365-434.

LEE, T. and Lewis, R., 1974, *Transient EM response of a large loop on a layered ground*. *Geophysical Prospecting*, vol.22, pp.:430-444.

NABIGHIAN, M. N., 1979, *Quasi-static transient response of a conducting half-space – Uma approximate representation*: *Geophysics*, 44, 1700-1705.

PALACKY, G.J., 1990, *Resistivity characteristics of geologic targets*: in Nabighian M.N. ed., *Electromagnetic methods in applied geophysics*, Vol.1, Chapter 3, pp 56-125.

SPIES, B.R., 1976, *The derivation of absolute units in electromagnetic scale modeling*: *Geophysics*, 41, 1042-1047.

VERMA, O.P., 1972, *EM model experiments simulating conditions encountered in geophysical prospecting*: Ph.D. thesis Univ. Of Roorkee.