



GEOMINAS

(TR) Geofísica por Métodos Eletromagnéticos

Associação Profissional Sulbrasiliana de Geólogos (APSG - <https://apsgeo.com.br/>)
Câmara Especializada em Geologia e Engenharia de Minas (CEGM - CREA-RS)



A proposta deste novo artigo decorre principalmente da introdução de novos equipamentos geofísicos no Estado do Rio Grande do Sul e de questionamentos rotineiros que a APSG e a CEGM têm recebido de profissionais. Decorre também da verificação de aplicações inadequadas, ou parciais, ou limitadas das técnicas, tanto em serviços prestados à iniciativa privada quanto a órgãos públicos.

O objetivo deste segundo artigo é esclarecer a sociedade em geral sobre os principais aspectos da aplicação das Técnicas de Prospeção por Métodos Eletromagnéticos (EM). Também objetiva propor uma espécie de "Termo de Referência" mínimo, como instrumento para diminuição de não-conformidades na aplicação, levantamento, processamento e interpretação

Leia também



Matéria de Capa

03 de Julho – Dia de Votar nos
Candidatos às Eleições do
Sistema Confea/Crea e Mútua

Ler mais →



Palavra da Presidente

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Ler mais →

dos dados adquiridos por meio das técnicas EMs.

O artigo novamente busca uma linguagem simples, para que qualquer profissional não-habilitado ou leigo possa compreender alguns dos parâmetros e procurar a assistência técnica adequada.

As Técnicas de Prospecção por Métodos Eletromagnéticos (Métodos EM, abreviadamente) são classificadas como não invasivas (não destrutivas, ou método indireto) e, neste caso, **medem os efeitos da difusão e da propagação de ondas eletromagnéticas** sobre meios geológicos que possuem diferentes propriedades elétricas e magnéticas. As ondas EM, ao interagirem com meios geológicos condutivos na direção de sua propagação, produzem correntes elétricas secundárias (Eddy currents) nesses corpos (Figura 1A) e, consequentemente, um campo magnético secundário (HS) oposto em fase ao campo primário (HP). A interação dos campos primário e secundário define o campo magnético resultante de natureza elíptica (HR). As componentes do campo magnético resultante são registradas por meio de bobinas receptoras (Rx), que pode ser orientada em função da componente a ser registrada e da orientação do campo primário (Figura 1B).



Artigos

Artigos que ampliam o conhecimento

Ler mais →



Novidades Técnicas

Informação atualizada para quem atua, constrói e transforma.

Ler mais →



Notícias

Fique por dentro das novidades do CREA-RS

Ler mais →

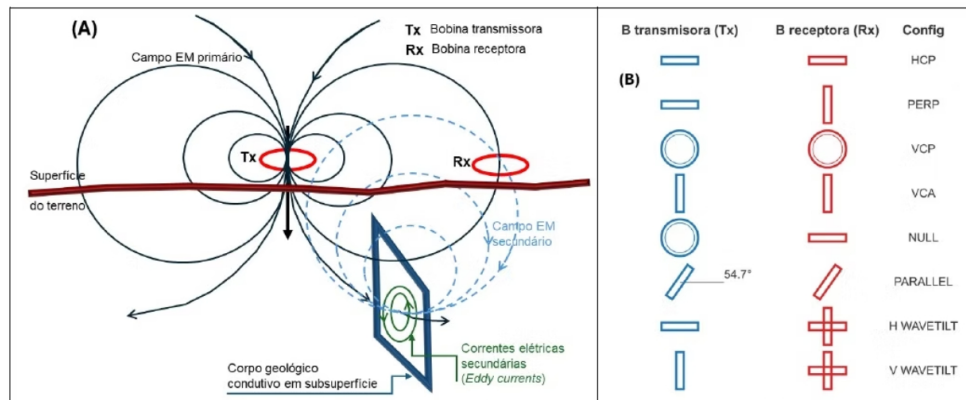


Figura 1 – Princípios gerais do Métodos EM. A) Indução de campo secundário em corpos bons condutores. B) Arranjos possíveis de bobinas transmissora (TX) e receptora (RX).

Os diferentes arranjos de bobinas permitem registrar as componentes horizontais e/ou verticais dos vetores de vibração dos campos elétrico e magnético das ondas plano-polarizadas primárias e resultantes (Figura 2A). O campo EM resultante da soma vetorial dos campos primário e secundário será um campo elipticamente polarizado, cujos parâmetros elípticos permitem derivar as propriedades físicas dos materiais (Figura 2A). Esses mesmos parâmetros elípticos também permitem derivar as componentes do campo EM secundário (Figura 2B).

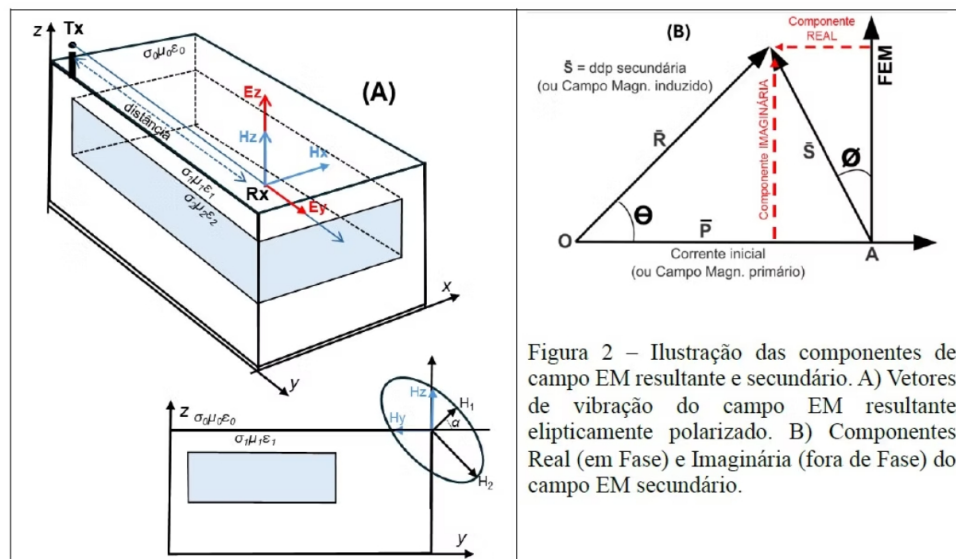


Figura 2 – Ilustração das componentes de campo EM resultante e secundário. A) Vetores de vibração do campo EM resultante elipticamente polarizado. B) Componentes Real (em Fase) e Imaginária (fora de Fase) do campo EM secundário.

SOBRE AS TÉCNICAS DOS MÉTODOS ELETROMAGNÉTICOS

A tabela 1 abaixo mostra as principais técnicas que se utilizam da difusão e da propagação de ondas eletromagnéticas geradas em superfície. As técnicas de prospecção pelos métodos EM estão em constante evolução e aprimoramento. No entanto, alguns elementos são comuns, como a utilização de bobina (s) para registro de componentes magnéticas dos campos EM secundário e/ou resultante. O uso dos sensores (bobinas) magnéticos garante a determinação da resistividade aparente (mR) e a aplicação quantitativa dos resultados. **Sem as bobinas de registro das componentes de campo magnético da onda EM, somente os valores de potencial espontâneo são registrados, os quais permitem apenas análises qualitativas.**

A tabela 1 agrupa os dispositivos com fonte artificiais (Campo EM primário gerado especificamente para os objetivos de investigação) tanto no domínio da frequência (FEM, CSAMT, Georradar), quanto no domínio do tempo (TDEM). Também detalha as principais técnicas dos dispositivos com fonte natural (Magneto-telúricos).

Os dispositivos do Método EM podem, ainda, ser distinguidos em duas categorias: i) baseados na difusão de campo EM, e ii) baseados na propagação de onda EM (Georradar). Nos primeiros, quanto mais condutivo o corpo geológico em subsuperfície, maior é o campo EM secundário e a sua componente real (Figura 2B); isso favorece a difusão do campo EM em profundidade. Para o Georradar, no entanto, a existência de corpos condutivos atenua a propagação da onda EM primária, de modo que a sua propagação em subsuperfície é maior para meios mais resistivos.

Os resultados primários obtidos em quaisquer das técnicas e dispositivos, no entanto, apresentados na forma de pseudo-seções, constituem **o efeito da difusão ou da propagação de campo/onda EM tomados por meio de um método indireto**. Tanto as resistividades aparentes (mR), quanto as profundidades preliminares alcançadas em cada nível de investigação não são a resistividade e a profundidade real do corpo geológico causador.

É necessário que os resultados expressos por meio das pseudoseções passem por um processo de inversão, assim como para o caso dos Métodos Elétricos apresentados em artigo anterior.

Tabela 1 – Síntese das características mais importantes das principais técnicas dos Métodos EM.

Grupos de dispositivos	Técnica básica	Tipo / Organização de bobinas	Estimativa preliminar de profundidade pré-inversão
DOMÍNIO DA FREQUÊNCIA FEM	TURAM	Fonte fixa (bobina ou cabo) Bobina receptora móvel (1-2 bobinas)	A profundidade epidérmica de penetração (<i>Skin depth</i>) depende basicamente da frequência e da resistividade dos meios.
Campo próximo	SLINGRAM (ex: EM-34, ...)	Fonte móvel (bobina) Receptora móvel (bobina)	A profundidade efetiva de penetração depende da frequência de operação, da separação das bobinas e da área das bobinas. Portanto, a profundidade efetiva de penetração é mais bem definida para cada equipamento o sempre mais bem determinada nos processos de inversão
DOMÍNIO DA FREQUÊNCIA FEM	VLF = very low frequencies	Fonte muito distante (antenas de rádio de ondas curtas) Bobinas receptoras	A profundidade efetiva de penetração é mais bem definida para cada equipamento o sempre mais bem determinada nos processos de inversão
Campo distante			
DOMÍNIO DO TEMPO TDEM	Utilizam o decaimento do sinal EM ao longo de um intervalo de tempo (Tempo transiente):	Sistemas acoplados ao terreno: fonte distante (5-20 km) e circuitos largos (1000-2000 m), 1-2 bobinas receptoras Sistemas aerotransportados com bobinas transmissoras e receptora de grande envergadura: > 15 m	A profundidade de difusão (<i>Diffusion depth</i>) das ondas EM é a profundidade máxima que um campo EM transiente pode alcançar num determinado intervalo de tempo (T). A profundidade efetiva de penetração depende do intervalo de tempo de amostragem, e da separação e da área das bobinas.
MAGNETO-TELÚRICOS (MT)	Magneto-telúrico padrão (<i>Standard Magnetotellurics = SMT</i>) Fontes naturais muito distantes (atividades elétricas na atmosfera –alta frequência– e interações entre “ventos solares”, magnetosfera e ionosfera terrestre –baixas frequências–) Frequências < 1 Hz derivadas de radiações ionosféricas devidas ao “vento solar”:	Bobinas receptoras móveis que medem simultaneamente as componentes do campo Magnético (Hx, Hy, Hz), e eletrodos (MN) que medem as componentes horizontais do campo Elétrico (Ex, Ey) da onda EM	Estas técnicas operam no Domínio da Frequência (FEM). A profundidade de penetração preliminar, portanto, depende basicamente da frequência e da resistividade dos meios, e segue a formulação de profundidade epidérmica (<i>Skin depth</i>). A resistividade dos meios, no entanto, deve ser derivada a partir da razão entre as componentes de campo: (Ex/Hy) e (Ey/Hx). A impedância elétrica (E/H) é a chave para a determinação da resistividade aparente a partir do campo eletromagnético (mR). A profundidade efetiva de penetração e a resistividade aparente, conforme o equipamento, é sempre mais bem determinada nos processos de inversão
	Perfilagem Magneto-telúrica contínua (<i>Continuous Profiling Magnetotelluric = CPMT</i>) Frequências < 1 > Hz derivadas tanto de radiações ionosféricas, quanto de tempestades elétricas	Bobinas receptoras móveis que medem simultaneamente as componentes do campo Magnético (Hx, Hy, Hz), e eletrodos (MN) que medem as componentes horizontais do campo Elétrico (Ex, Ey) da onda EM	
	Audio-magneto-telúrico (<i>audio-magnetotelluric = AMT</i>): ~1 Hz to 20 kHz MT de banda larga (<i>Broadband Magnetotellurics = BBMT</i>): ~0.001 Hz to 1000 Hz MT de longo período (<i>Long-Period MT = LPMT</i>): ~1 s to >10,000 s	Bobinas receptoras móveis que medem simultaneamente as componentes horizontais do campo Magnético (Hx, Hy), e eletrodos (MN) que medem as componentes horizontais do campo Elétrico (Ex, Ey) da onda EM	
MAGNETO-TELÚRICOS DE FONTE CONTROLADA (CSMT, ou CSEM), ou áudio-frequência MT de fonte controlada (CSAMT)	CSAMT CSAMT somente a amplitude dos campos elétrico e magnético, fornecendo informações básicas sobre a resistividade aparente (mR). CSAMT vetorial : mede a amplitude e a fase (direção) dos campos elétrico e magnético, fornecendo mais parâmetros de investigação e para inversão. CSAMT tensorial : mede as componentes dos campos elétrico e magnético para investigar a anisotropia do subsolo (p.ex.: direção da variação da resistividade aparente) e para reduzir ruídos.	Fonte distante (10-20 km) e circuitos largos (1000-2000 m): fonte fixa. Bobina receptor móvel que mede a componente horizontal do campo Magnético (Hy), e eletrodos (MN) que medem a componente horizontal (Ex) do campo Elétrico da onda EM	O CSAMT também opera no Domínio da Frequência (FEM). A profundidade de penetração preliminar, então, segue a formulação da profundidade epidérmica (<i>Skin depth</i>) e a impedância elétrica (E/H) é a chave para a determinação da resistividade aparente a partir do campo eletromagnético (mR). A profundidade efetiva de penetração e a resistividade aparente, conforme o equipamento, é sempre mais bem determinada nos processos de inversão
GEORRADAR (<i>Ground</i>)	Frequência usual: 50 MHz a 1200 MHz	Arranjos de disposição de bobinas/antenas (Tx – Rx)	Alguns equipamentos possuem recursos para acionar antenas

penetration radar = GPR)	Levantamento de seções: caminhamento lateral (em linha) com antenas em espaçamento constante ($dx = 0,0 - \frac{1}{2}$ envergadura da antena/bobina)	segue, com pequenas modificações, os padrões mostrados na Figura 1B.	transmissoras e receptoras de diferentes frequências para levantamento ao longo de uma seção.
Registra os efeitos da propagação de onde EM em	Técnicas utilizadas para determinar a velocidade de propagação da onda EM em cada meio geológico: CMP (<i>common mid point</i>): afastamento constante da bobina transmissora (Tx) da bobina receptora (Rx) a partir de um ponto médio comum. WARR (<i>wide angle reflection and refraction</i>): Tx fixa e Rx afastando-se em etapas constantes.	As antenas são normalmente enterradas (bobinas) achatadas e alongadas. Mas, existem equipamentos que utilizam antenas circulares cônicas (corneta). As antenas Tx e Rx podem estar acopladas no mesmo módulo, ou estarem separadas. As antenas podem ser simples, ou podem ser blindadas (suavizam ondas EM industriais superficiais).	Processamento e inversão seguem os padrões da Sismica de Reflexão.

Os dispositivos MT de fonte natural têm recebido grande avanço tecnológico nos últimos anos e vários equipamentos têm sido apresentados aos profissionais. A figura 3 mostra o arranjo básico de eletrodos MN e das bobinas (atualmente achatadas e alongadas, decorrente do avanço tecnológico) para registro das componentes elétricas e magnéticas do campo/onda EM resultante. Esse é o arranjo básico que permite o processo de inversão dos dados e estimativa apropriada de resistividades aparentes (mR) e de profundidades.

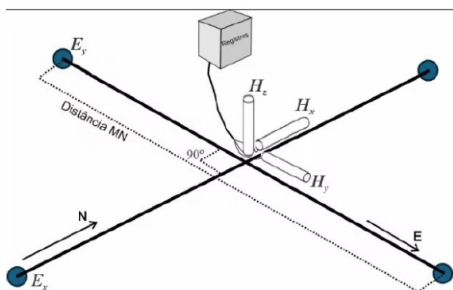


Figura 3 – Disposição dos eletrodos MN para medida das componentes de campo elétrico e das bobinas para medida das componentes de campo magnético das ondas EM nos dispositivos MT e CSAMT.

SOBRE UM “TERMO DE REFERÊNCIA” MÍNIMO PARA A GEOFÍSICA POR MÉTODOS ELETROMAGNÉTICOS

A proposição de um “Termo de Referência” mínimo busca não somente orientar profissionais e leigos, contratantes ou prestadores de serviço, em relação aos quesitos/parâmetros mínimos necessários aos projetos de investigação geofísica por métodos eletromagnéticos. Mas, busca também, proteger a sociedade e garantir a prestação de um serviço de qualidade, que cumpra os objetivos contratados. Então, abaixo segue um roteiro reduzido das condições e dos parâmetros mínimos a serem explicitamente descritos/caracterizados para o projeto e execução de serviços de levantamento geofísico por métodos eletromagnéticos. Importante observar que alguns itens poderão ser acrescidos, ou não atendidos conforme a técnica e/ou dispositivo EM adotado, ou conforme a aplicação a ser realizada.

Projeto:		Contratante:	
Endereço onde será executado o serviço de levantamento:			
Objetivo da investigação:			
Responsável Técnico:		Registro CREA:	
		ART Nº:	
Descrição geológica do local da investigação geofísica:			
Método Geofísico a ser utilizado:			
Dispositivo Geofísico a ser utilizado:			
Técnica Geofísica a ser utilizada:			
Equipamento utilizado:			
Marca:		Modelo:	
Tipo de fonte para Campo EM primário:		Amperagem da fonte:	
Configuração da fonte: () cabo () circuito () bobina ()			
Dimensões fonte:			
Planta topográfica com a posição da fonte em relação à área de investigação:			
Arranjo de bobinas:			
Espaçamento Tx e Rx:			
Arranjo de eletrodos MN:			
Separação dos eletrodos MN:			
Frequências a serem utilizadas:			
Janela de tempo de amostragem:			
Planta topográfica com a posição do(s) ponto(s) central(is) dos eletrodos MN e das bobinas receptoras:			
Método de construção da planta topográfica e de locação dos pontos em campo:			
DGPS: () GPS: () Estação Total: () Outro: ()			
Marca:		Modelo:	
Método de pós-processamento DGPS:			
Método de transformação Geodésica/Cartográfica/Topográfica:			
Sistema geodésico utilizado:		Projeção topográfica:	
Projeção cartográfica:			
Projeto de levantamento:			
Estações	Espaçam eletrodos MN	Espaçam bobinas	Frequências utilizadas
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Descrição da(s) pseudo-seção(ões) (ou pseudo-volume):
Método de inversão geofísica (<i>software</i>) aplicado:
Modelo geológico inicial adotado:
Descrição da(s) seção(ões) invertida(s) e definição das propriedades geológicas dos corpos de interesse:
Proposição das soluções para realização da obra (quando for o caso):

▶ **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

REYNOLDS, J. M. 2011. An Introduction to Applied and Environmental Geophysics. John Wiley & Sons, England (UK), 696 pp



DOWNLOAD DO ARTIGO

0 comentários



Deixe sua mensagem