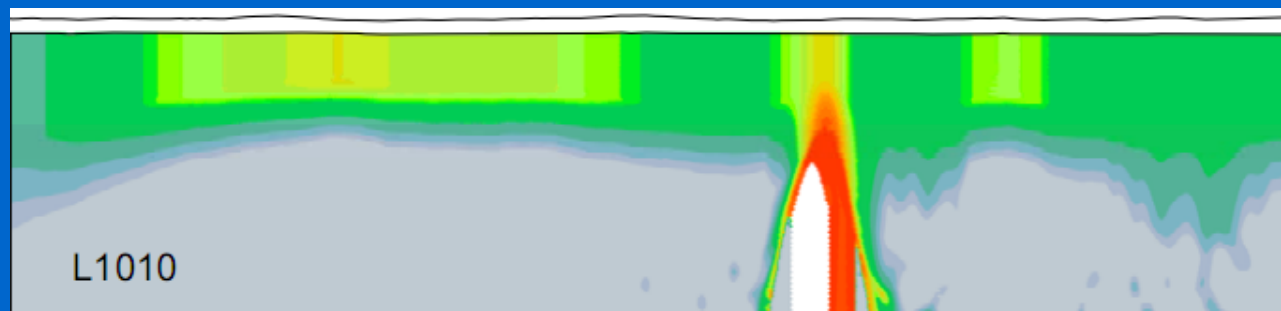


# Métodos EM em exploração Mineral

Profa. Mônica G. Von Huelsen



•  
•  
T. de Geofísica: Introdução ao Método eletromagnetométrico  
•

*Bibliografia:*

•  
Livros:  
•  
•  
•

An Introduction to Applied and Environmental Geophysics  
(Paperback)

by John M. Reynolds (Author)

Applied Geophysics

by W. M. Telford (Author), L. P. Geldart (Author), R. E. Sheriff

Electromagnetic Methods Vol.1: Theory (Investigations in  
Geophysics Series No. 2)

by Misac N. Nabighian (Author), M. N. Nabighian (Editor)

Electromagnetic Methods Appl Geophys., Vol 2 (Investigations in  
Geophysics, No. 3)

by Misac N. Nabighian (Editor)

- 
- 
- T. de Geofísica: Introdução ao Método eletromagnetométrico
- 

**Objetivos:**


- 
- 1) Gerais: oferecer ao aluno conceitos em métodos eletromagnetométricos
- indispensáveis ao entendimento de um levantamento geofísico e sua aplicação
- 

- 2) Específicos: **Métodos Eletromagnéticos:**

Fundamentação teórico-prática

Planejamento, aquisição e processamento de dados de  
eletromagnetometria terrestre.

Pré-Requisitos: a princípio não há



Conteúdo: Histórico da EM aplicada. Conceitos básicos do método eletromagnético, o sinal EM e as diversas geometrias de campo, EM aplicado, exemplos históricos.

Metodologia: Aula expositiva, utilização de recursos multimídia, campo e processamento

# T





- 
- 
- Método eletromagnetométrico
- 
- 
- 

*No. de créditos (aula): 4*

*Carga horária total: 60 h*

**Tipo: semestral**

*Docente responsável:* Dra. Mônica G. Von  
Huelsen

*Assinatura/ Método*

*Provas /exercícios*

*Aulas teóricas*

- 
- 
- Método eletromagnetométrico
- 
- 
- 

*Programa:*

Introdução

Fundamentos Teóricos

Princípios e aquisição de dados

Processamento

Dados no domínio da Frequência

Dados no domínio do tempo

Exemplos e

Aplicações



- 
- 
- Método eletromagnetométrico
- 
- 
- 

*Ementa:*

Introdução e conceitos

Fundamentos Teóricos

Levantamentos Magnetotelúricos

Levantamentos Eletromagnéticos

Domínio da Frequência

Domínio do Tempo

Aerolevantamentos

Exemplos e Aplicações



•  
•  
•  
•  
Método eletromagnetométrico

•  
•  
*Bibliografia:*

•  
•  
Livros:

•  
•  
An Introduction to Applied and Environmental Geophysics  
(Paperback)

by (Author)

Applied Geophysics

by W. M. Telford (Author), L. P. Geldart (Author), R. E. Sheriff

Electromagnetic Methods Vol.1: Theory (Investigations in  
Geophysics Series No. 2)

by Misac N. Nabighian (Author), M. N. Nabighian (Editor)

Electromagnetic Methods Appl Geophys., Vol 2 (Investigations in  
Geophysics, No. 3)

by Misac N. Nabighian (Editor).

Three Dimensional Electromagnetics, Oristaglio, M; Spies, B.(  
Geophysical Developments no.7

# Método eletromagnetométrico

## Artigos

- ANNAN, R. S. & ANNAN, A.P. 1997. Advances in airborne time-domain EM technology. *Electrical and Electromagnetic methods*, paper 64, 498-504.
- COLLET, L.S. 1986. Development of the airborne electromagnetic technique. In: PALACKY, G.J. ed. *Airborne resistivity mapping*. *Geol. Survey Can Paper* 86-22, 9-18.
- ELLIOT, P. 1998. The principles and practice of FLAIRTEM. In: Exploration Geophysics. *The Bulletin of the Australian Society of Exploration Geophysicists*, **29**: 58, 60.
- FILTERMAN, D. V., 1990, Ed., Developments and applications of modern airborne electromagnetic surveys: *U. S. Geol. Surv. Bull.* 125, 216.
- FOUNTAIN, D. 1998. Airborne electromagnetic systems – 50 years of development. *Exploration Geophysics*, **29**: 1-11.
- FRASER, D. C. 1972. A new multicoil aerial electromagnetic prospecting system. *Geophysics*, **37**(3): 518- 537.
- 1978. Resistivity Mapping with an airborne multicoil electromagnetic system, *Geophysics*, **43**(1), 144-172.
- 1979. The multicoil II airborne electromagnetic system. *Geophysics*, **44**(8): 1367-1394.
- GEOTERREX – DIGHEM. 1999. Airborne & Ground Geophysics.  
[http://www.cgg.com/acquisition/geoterrex/xacana/airborne/t\\_system.html](http://www.cgg.com/acquisition/geoterrex/xacana/airborne/t_system.html). (acessado em 20 out. 2000).
- MOGI, T., TANAKA, Y., KUSUNOKI, K., MORIKAWA, T. & JOMORI, N. 1998. Development of grounded electrical source airborne transient EM (GRETEM). In: Exploration Geophysics. *The Bulletin of the Australian Society of Exploration Geophysicists*, **29**: 61-64.
- Nabighian, M.N., Macnae, J. C.. 2005. Electrical and EM methods, 1980-2005. . [Society of Exploration Geophysicists](#). *The Leading Edge*, v. 24; no. Supplement; p. S42-S45; DOI: 10.1190/1.2112391
- PALACKY, G. J. 1975. Interpretation of INPUT AEM measurements in areas of conductive overburden. *Geophysics*, **40** (3): 490-501.
- 1976. Use of decay patterns for the classification of anomalies in time-domain AEM measurements. *Geophysics*, **41** (5): 1031-1041.
- 1978. Selection of a suitable model for quantitative interpretation of two-bird AEM measurements. *Geophysics*, **43**(3): 576 – 587.
- 1981. The airborne electromagnetic method as tool of geological mapping. *Geophys. Prosp.*, **29**, 60-88.
- RYU, J., MORRISON, H. F. & WARD, S. H. 1970. Electromagnetic fields about a loop source of current. *Geophysics*, **35**: 862-896.
- SENGPIEL, K. P. 1983. Resistivity/depth mapping with airborne electromagnetic survey data. *Geophysics*, **48**(2): 181-196.
- 1986. Groundwater prospecting by multifrequency airborne electromagnetic techniques. In: PALACKY, G. J. ed. *Airborne resistivity mapping*: *Geol. Surv. Can. Paper* 86-22: 131-138
- SENGPIEL K. P. & FLUCHE, B. 1992. Application of airborne electromagnetics to groundwater exploration in Pakistan. - *Z. dt. geol. Ges.*, **143**: 254-261, Hannover.
- WAIT, J. R. 1951. A conducting sphere in a time varying magnetic field. *Geophysics*, **16**, 666-672.
- 1967. Fields about an oscillating magnetic dipole over a two layer earth, and application to ground and airborne electromagnetic surveys. *Quarterly of the Colorado School of Mines*, **62**, 1: 1-25.

# Método eletromagnetométrico

## Artigos

Xue, G. Q., Li, X., Quan H. J., Jaggar S., 2012. Physical simulation and application of a new TEM configuration. Environ Earth Sci..



## Método eletromagnetométrico

Março/2012							Abril/2012							Maio/2012						
D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S
					1	2	3	1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5
4	5	6	7	8	9	10	8	9	10	11	12	13	14	6	7	8	9	10	11	12
11	12	13	14	15	16	17	15	16	17	18	19	20	21	13	14	15	16	17	18	19
18	19	20	21	22	23	24	22	23	24	25	26	27	28	20	21	22	23	24	25	26
25	26	27	28	29	30	31	29	30						27	28	29	30	31		
12 - Período de Aulas (Primeiro Dia)							6 - Paixão de Cristo (Feriado) 7 - Sábado de Aleluia (Ponto Facultativo) 21 - Tiradentes (Feriado)							1 - Dia do Trabalho (Feriado)						

Avaliação 1: 02 de maio

## Método eletromagnetométrico

Junho/2012							Julho/2012						
D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S
					1	2	1	2	3	4	5	6	7
3	4	5	6	7	8	9	8	9	10	11	12	13	14
10	11	12	13	14	15	16	15	16	17	18	19	20	21
17	18	19	20	21	22	23	22	23	24	25	26	27	28
24	25	26	27	28	29	30	29	30	31				
7 - Corpus Christi (Feriado)							14 - Período de Aulas (Último Dia)						

Prova 2: 29 de junho a 4 de julho



# Método eletromagnetométrico

## Plano de aula

Desenvolver profissionais com:

1 – conhecimento técnico

2 – capacidade de interagir

3 – capacidade de criar e desenvolver

4 – consciência com o meio ambiente e a sociedade



- 
- 
- T. de Geofísica: Introdução ao Método eletromagnetométrico
- 
- 

## Junho/2012

D	S	T	Q	Q	S	S
						1
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

7 - Corpus Christi (Feriado)

## Julho/2012

D	S	T	Q	Q	S	S
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

14 - Período de Aulas (Último Dia)

• • T • •

\_\_\_\_\_

- 
- 
- 

## Métodos eletromagnéticos

### *Histórico*

- Karl Sundberg (Sueco) – 1931
- 1934 – mapeamento estrutural
- V.R. Bursian (Russo) – início da década de 1930

- T. de Geofísica: Introdução ao Método eletromagnetométrico

- 
- 
- 

**Pré Guerra** - Os métodos geofísicos mostraram que muitos tipos de depósitos minerais eram bastante condutivos, particularmente os sulfetos metamorfizados Pré-Cambrianos, os quais são importantes fontes para os metais básicos. Assim, o mapeamento da **resistividade**, usando-se os métodos eletromagnéticos terrestres, começou e ser realizado regularmente na detecção destes metais.



- T. de Geofísica: Introdução ao Método eletromagnetométrico

- *Histórico*

- Após a Segunda Guerra Mundial

- reconstrução da economia pós-guerra exigiu grande demanda por recursos minerais.

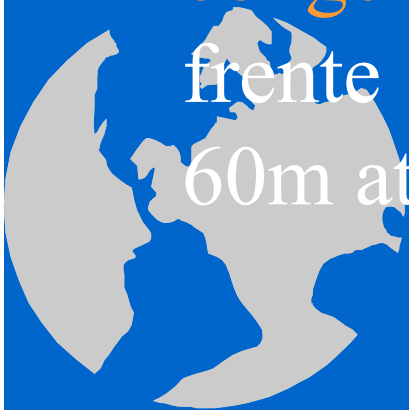
Guerra Fria - busca de recursos em países politicamente fechados.

Canadá: país vasto e pouco explorado

Com população esparsa; de clima frio; com depósitos estratégicos de cobre, zinco, níquel e chumbo.

- T. de Geofísica: Introdução ao Método eletromagnetométrico

- origem dos sistemas AEM data de 1946 quando a Stanmac e a McPhar Engineering desenvolveram um sistema EM portátil o qual foi reprojetoado para mapear um lago congelado, tendo o transmissor colocado na frente de um trailer e o receptor, rebocado a 60m atrás.



# Sistemas AEM

- 1946: EM portátil - lago congelado





- 
- T. de Geofísica: Introdução ao Método eletromagnetométrico
- 
- 
- 

• Com o sucesso do método, em 1947 foi montado um sistema semelhante num avião configuração que obteve êxito e serviu de base no desenvolvimento de outros sistemas (Collet, 1986).



# Sistemas AEM

1950/60: plataforma aérea



- 
- T. de Geofísica: Introdução ao Método eletromagnetométrico
- 
- 
- 
- 
- final de 50 - começa a ser esboçado um sistema que utiliza o domínio do tempo, o INPUT (Pulso Transiente Induzido - *Induced Pulse Transient*).



- T. de Geofísica: Introdução ao Método eletromagnetométrico

- 1985 - No mesmo ano a Geotech Ltda. completou o desenvolvimento do GEOTEM, sistema no domínio do tempo e pulso senoidal (Palacky & West, 1991; Smith & Klein, 1996). Este sistema foi seguido pelo QUESTEM em 1988 e pelo SPECTREM em 1989.



- 
- T. de Geofísica: Introdução ao Método eletromagnetométrico
- 
- 



# Sistemas AEM

- 1946: EM portátil - lago congelado

1950/60: Geometria e plataforma  
avião, ch  
INPUT



VTEM - 2002

Spectrem - 2000





- T. de Geofísica: Introdução ao Método eletromagnetométrico

- ZTEM (2010): Fonte magnetotelúrica



Estação BAs



RECEPTOR



- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 

# T. de Geofísica: Introdução ao Método eletromagnetométrico

Em Terrestre: Em 34





•

# T. de Geofísica: Introdução ao Método eletromagnetométrico

## PROTEM

•  
•  
•  
•  
•  
•



Receptor



TEM67



Borehole

# Métodos eletromagnéticos

## INTRODUÇÃO

Desde 1950 estudos vem sendo realizados na aplicação da condutividade elétrica ao mapeamento geológico, com ênfase nos sistemas aereomagnetéticos. Estes sistemas usam o campo eletromagnético secundário obtido por contrastes em propriedades elétricas em subsuperfície em resposta a perturbações criadas por fontes eletromagnéticas naturais ou artificiais.

A diversificação na aplicação do sistema EM, que são geralmente portáteis, permite inúmeras combinações geométricas e eletrônicas do par de bobinas transmissora e receptora. Sua portabilidade permite que sejam utilizados nas vários levantamentos geofísicos, como nos de superfície que usam transmissores fixos e móveis e o receptor móvel, de subsuperfície (*drill holes*), e naqueles em que são portados em plataformas móveis (marítimas ou aéreas).

Todo processo segue as leis de Maxwell e as respostas que são medidas dependem do modo em que se processa a medição (domínio da frequência ou do tempo), dos equipamentos empregados e da geometria transmissor/receptor que formam com o alvo energizado.

Propõe-se embasar o aluno com os assuntos: **Equações de Maxwell; Equação da onda; Soluções da equação da onda e Princípios físicos dos equipamentos EM. Fornecendo subsídio, aos estudantes em pós-graduação, para a compreensão das técnicas aereomagnetéticas empregadas num levantamento geofísico que visa à prospecção mineral**

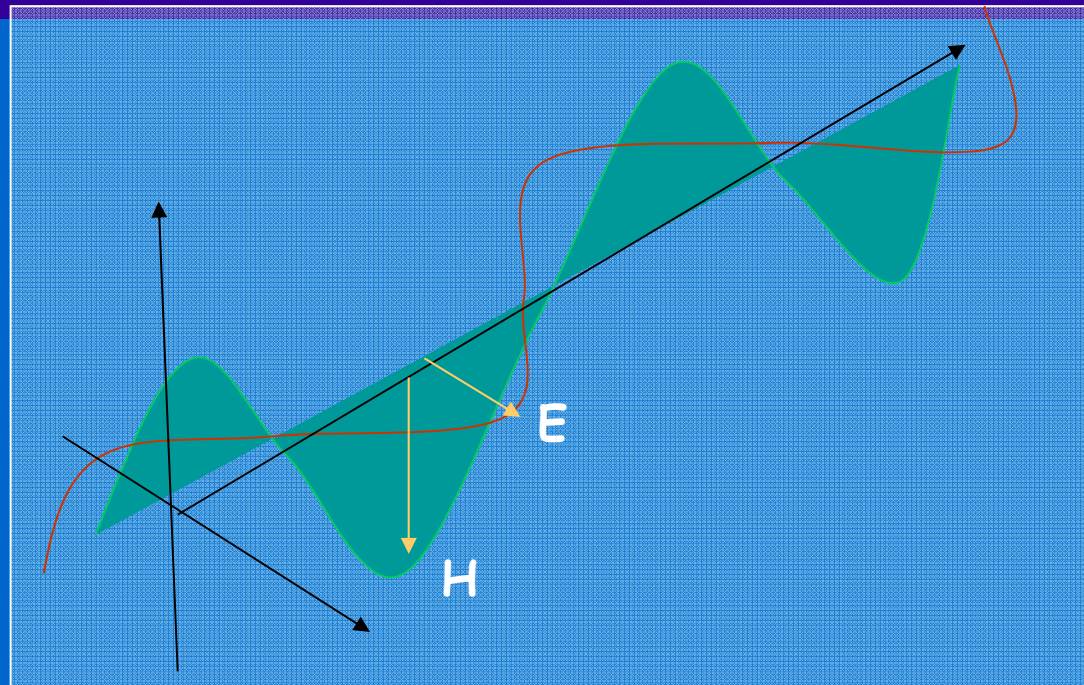


# Métodos eletromagnéticos

## Conceitos e Princípios

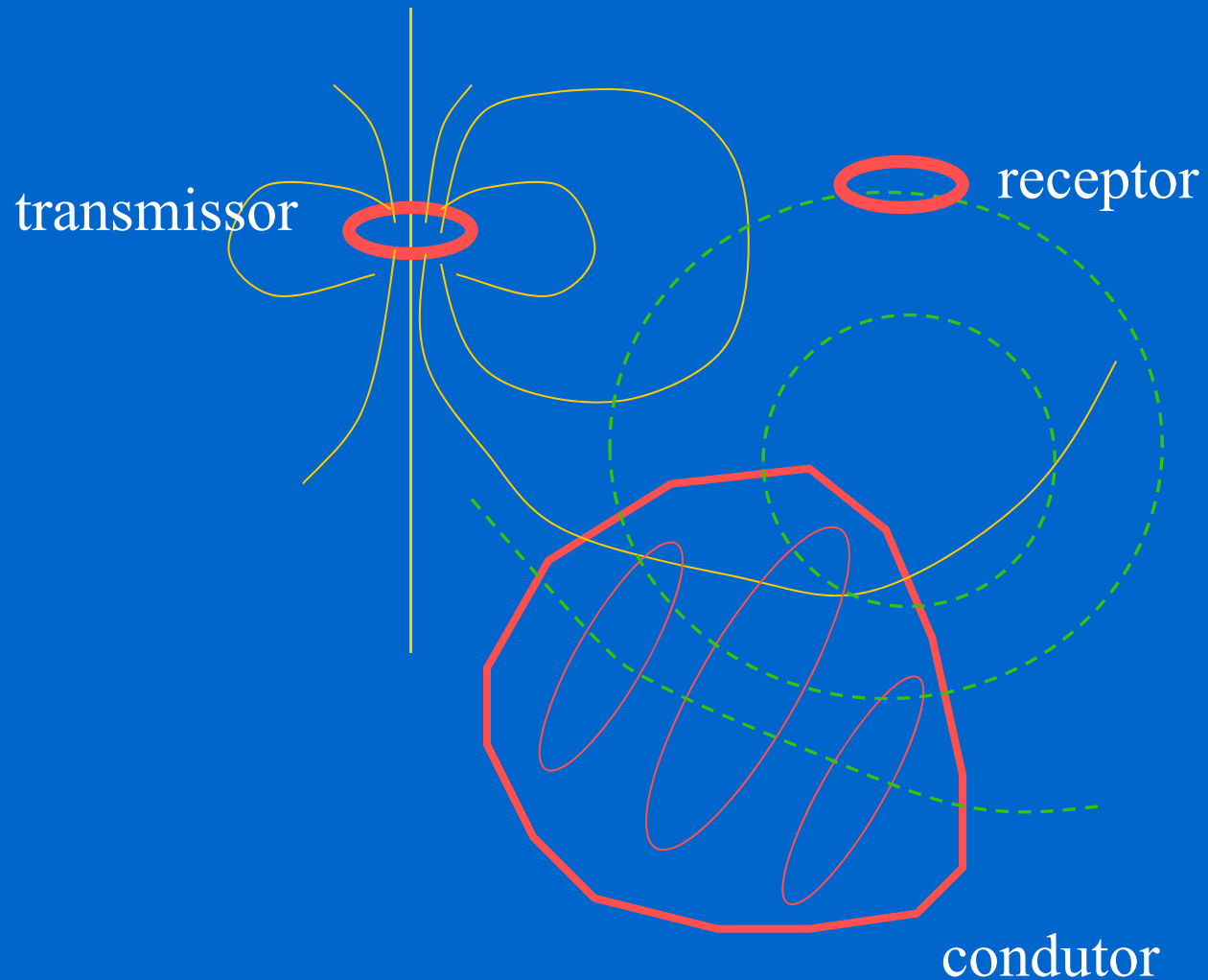
INTENSIDADE ELÉTRICA (E) –  $E_x$  e  $E_y$

INTENSIDADE MAGNÉTICA (H) –  $H_x$  e  $H_y$



# Métodos eletromagnéticos

## PRINCÍPIO do método AEM



- 
- 
- 



Transmissor

Digihem

Receptor

Campo Primário

Altura do receptor

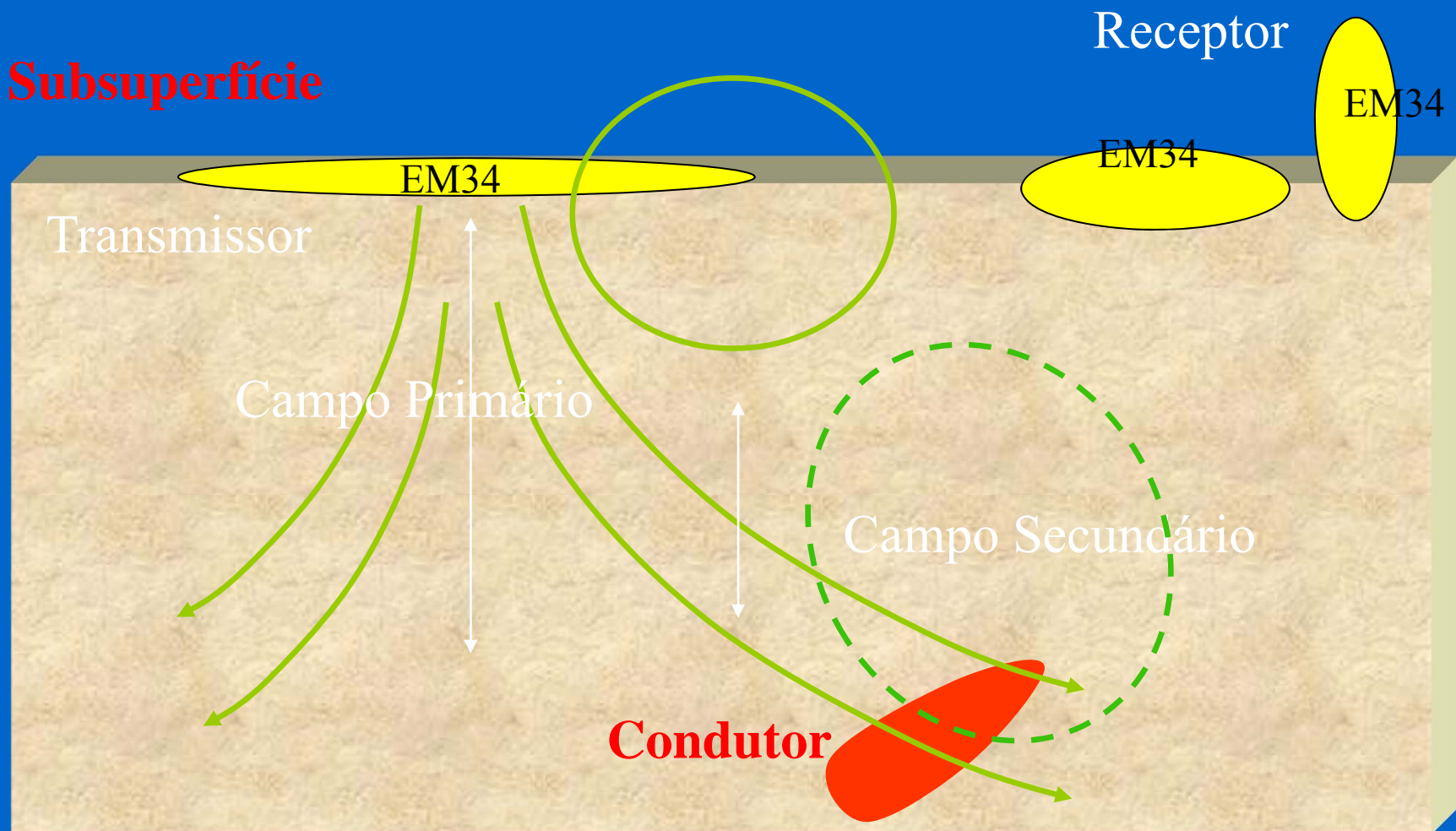
Campo Secundário

Subsuperfície

Condutor



**Subsuperfície**



# Métodos eletromagnéticos

## *Configurações usuais do domínio da frequência*

- Máximo Acoplamento  
HCP, VCP, VCA



HCP – Horizontal coplanar



VCP (Vertical coplanar)



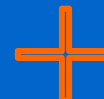
VCA (vertical Coaxial)



NULL



PAR (paralela)



H wavetilt



V wavetilt

Mínimo Acoplamento:  
PERP, NULL, PAR a 54,74 graus

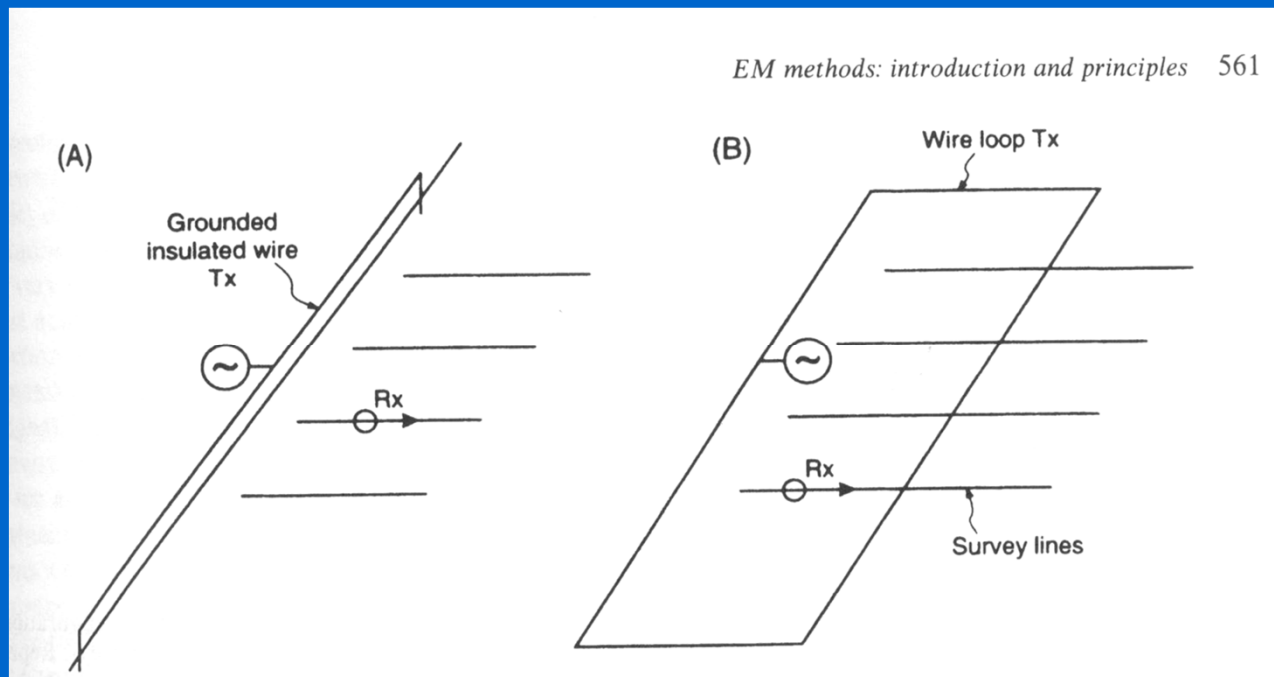


# Métodos eletromagnéticos

Configuração – método Sundberg

a) Fio de centenas de metros a kms

B) bobina 1200m x 400m



Reynolds, 1997



- 
- 
- 

# Métodos eletromagnéticos

## *Introdução e princípios*

- BOREHOLE
- Terrestre
- aéreo
- navegáveis

- 
- 
- 

## Métodos eletromagnéticos

### *Introdução e princípios*

- Vantagem – não requer contato direto com o chão.
- Levantamento é realizado com maior velocidade

- 
- 
- 

# Métodos eletromagnéticos

## Introdução e princípios

- Exploração mineral
- Hidrocarbonetos
- Engenharia
- Hidrogeologia
- Fontes geotermal
- Mapeamento geológico

- 
- 
- 

# Métodos eletromagnéticos

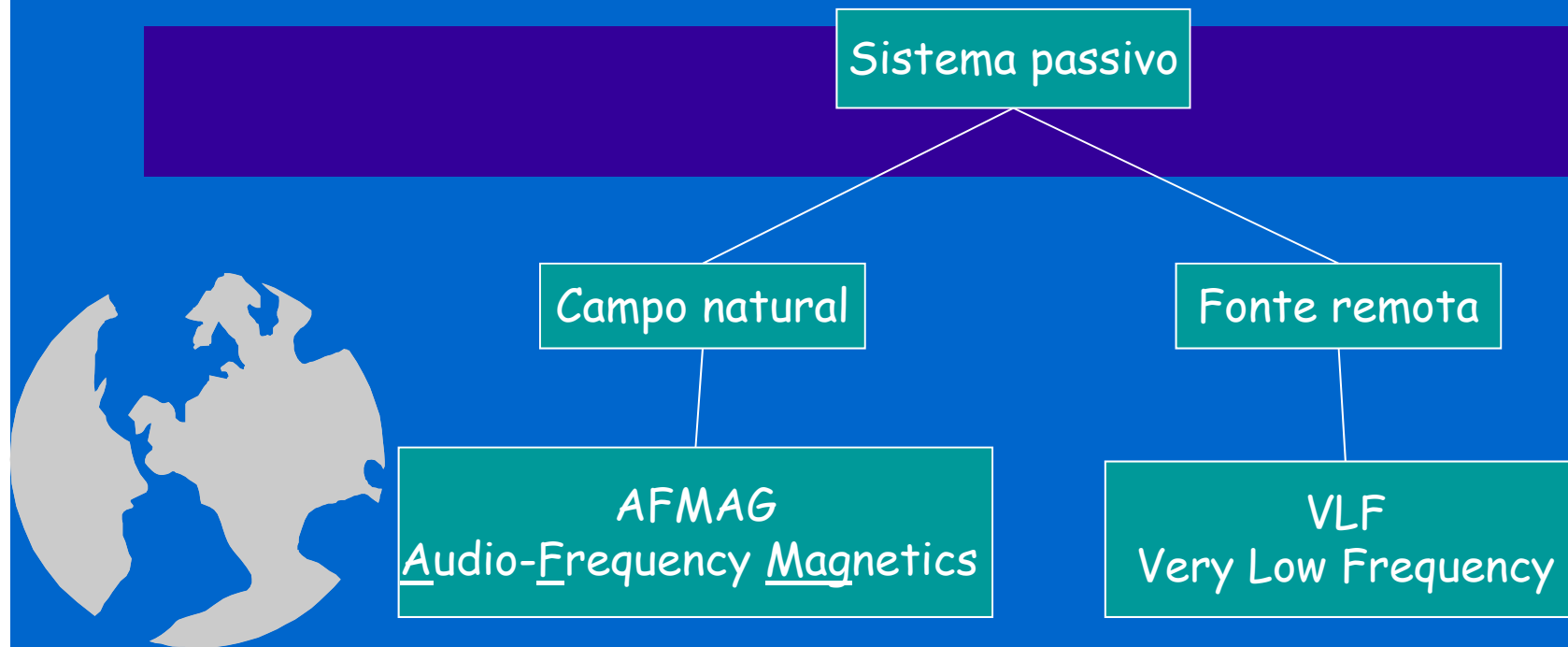
## *Introdução e princípios*

tipos de sistemas:

- TEM
- FEM
- Sistema Passivo: correntes magnetotélúricas (correntes naturais);
- Sistema Ativo: Transmissor artificial.

# Métodos eletromagnéticos

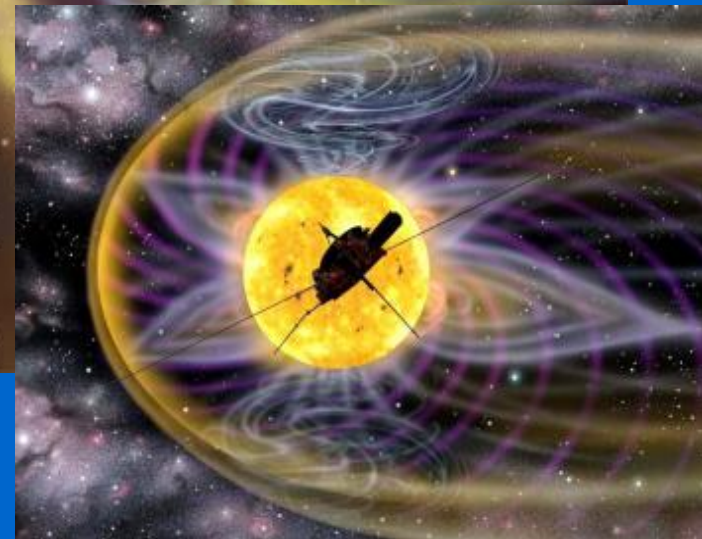
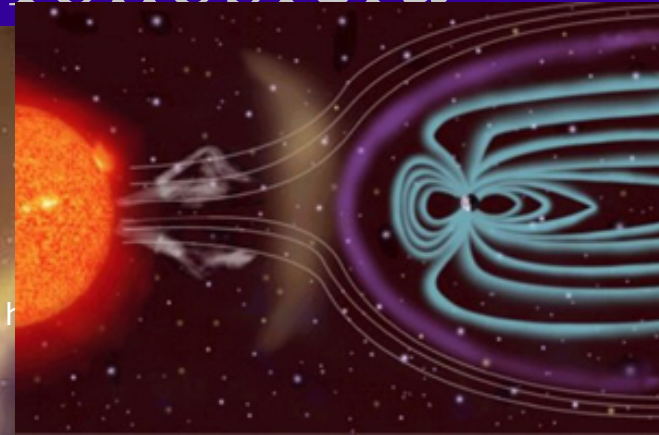
## Classificação do Método EM



## Métodos eletromagnéticos

# Magnetosfera e Ionosfera

- Entre o Sol e a terra espaço preenchido por um gás ionizado constitui de partículas com diferentes energias, que são emitidas pelo Sol e por isso chamado de Vento Solar.

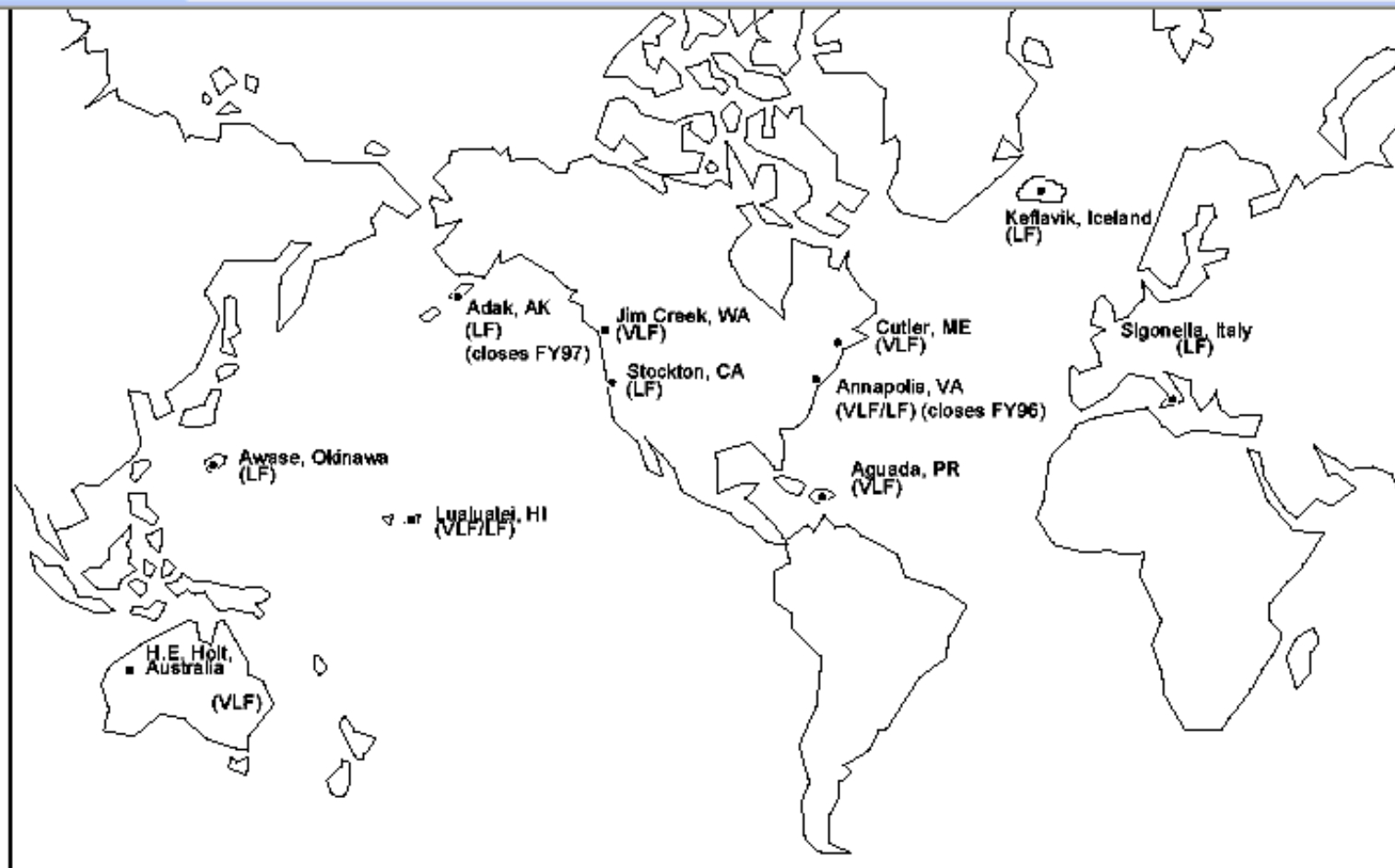


- 
- 
- 

## Métodos eletromagnéticos

- VLF – very low frequency
- 3kHz a 30 kHz
- 11 transmissores para comunicação militar

# Métodos eletromagnéticos



Very Low Frequency/Low Frequency Site Locations



- 
- 
- 

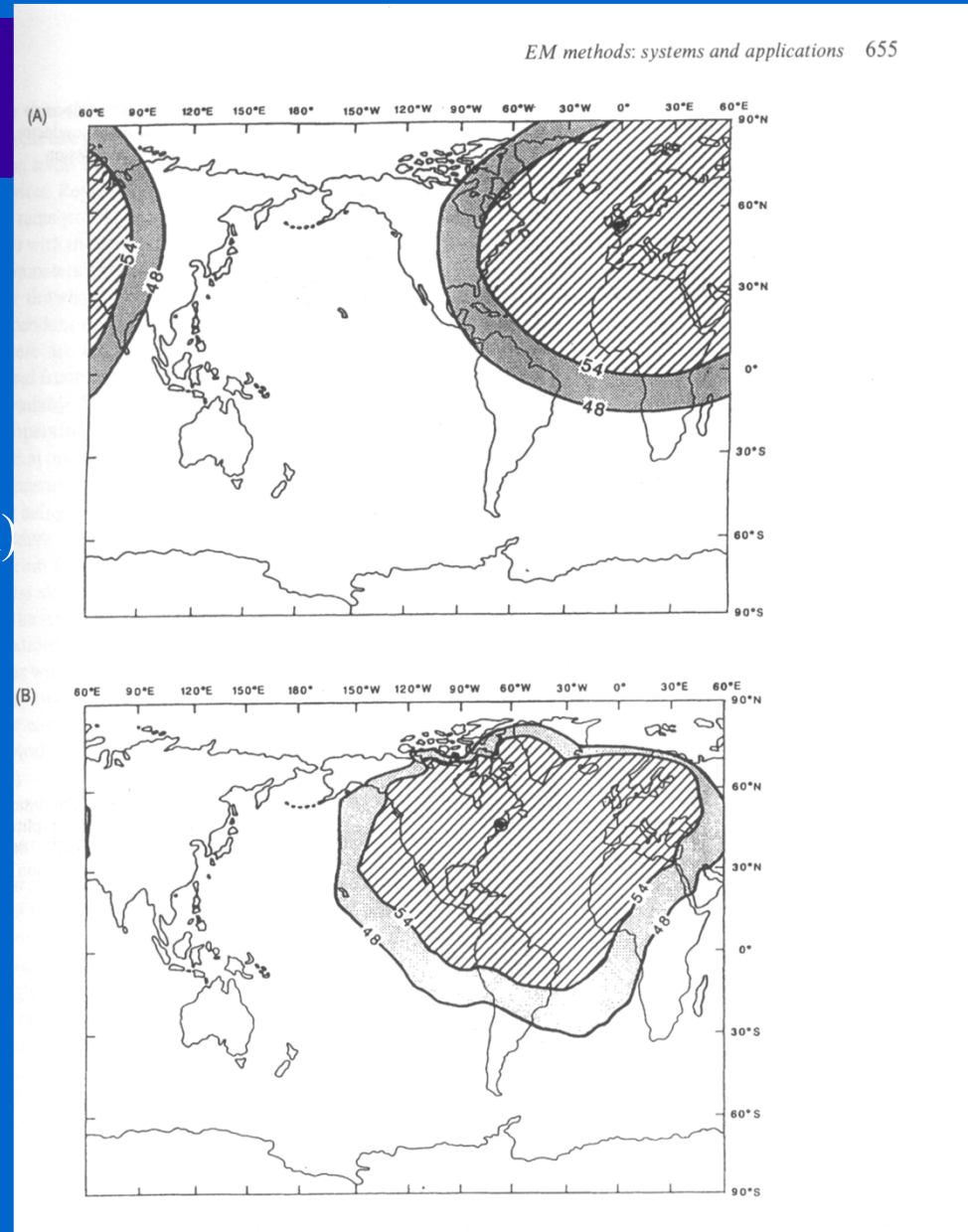
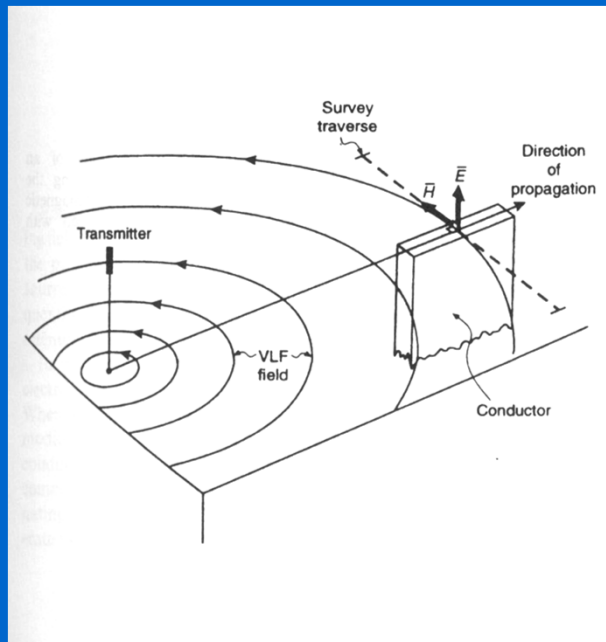
# Métodos eletromagnéticos

- Antena transmissora

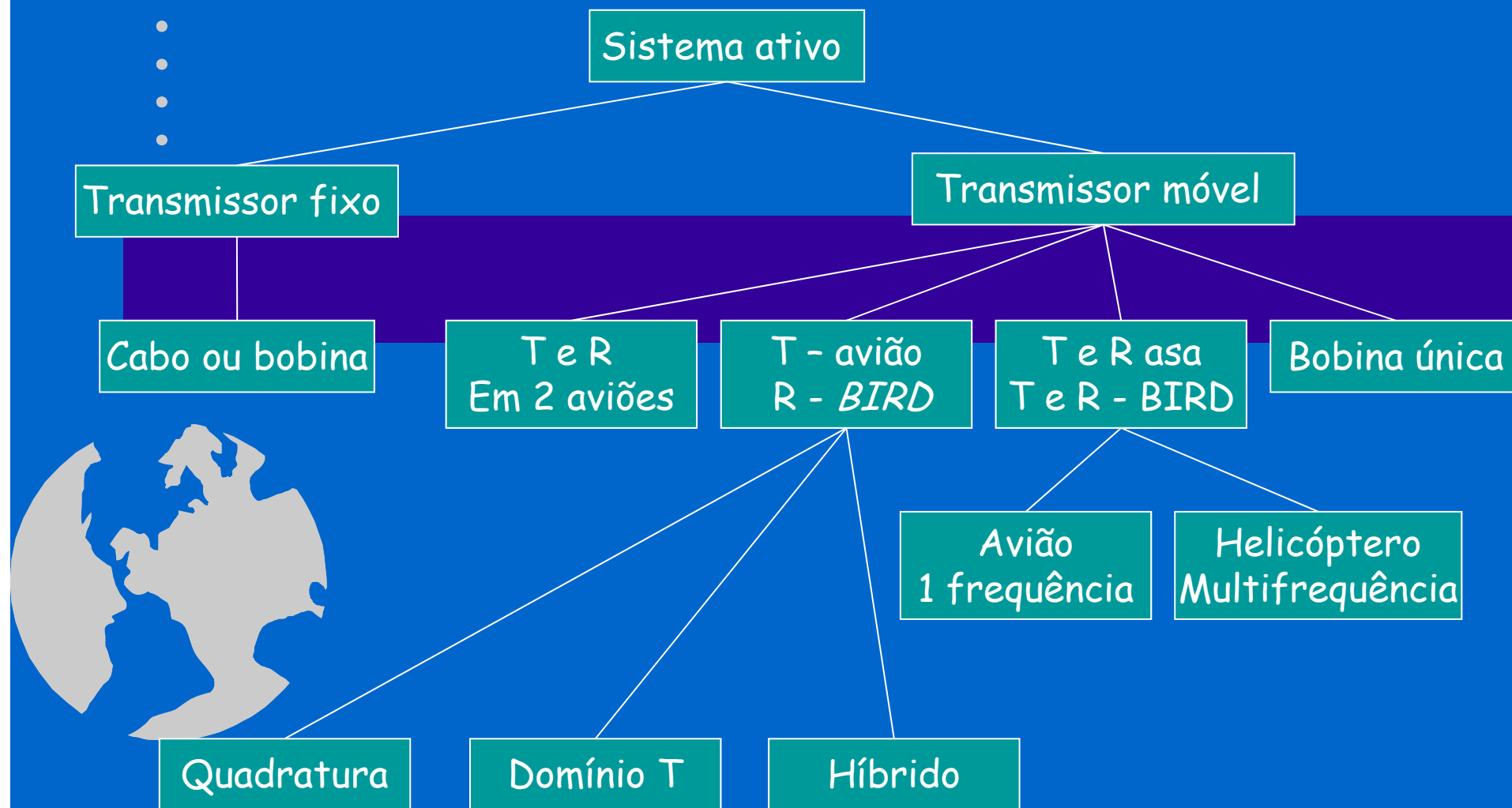


# Métodos eletromagnéticos

- Linhas de contorno
- - transmissores VLF
- A)GBR (UK)
- B)NOAA – National Oceanic
- atmosferic administration (USA)



# Métodos eletromagnéticos

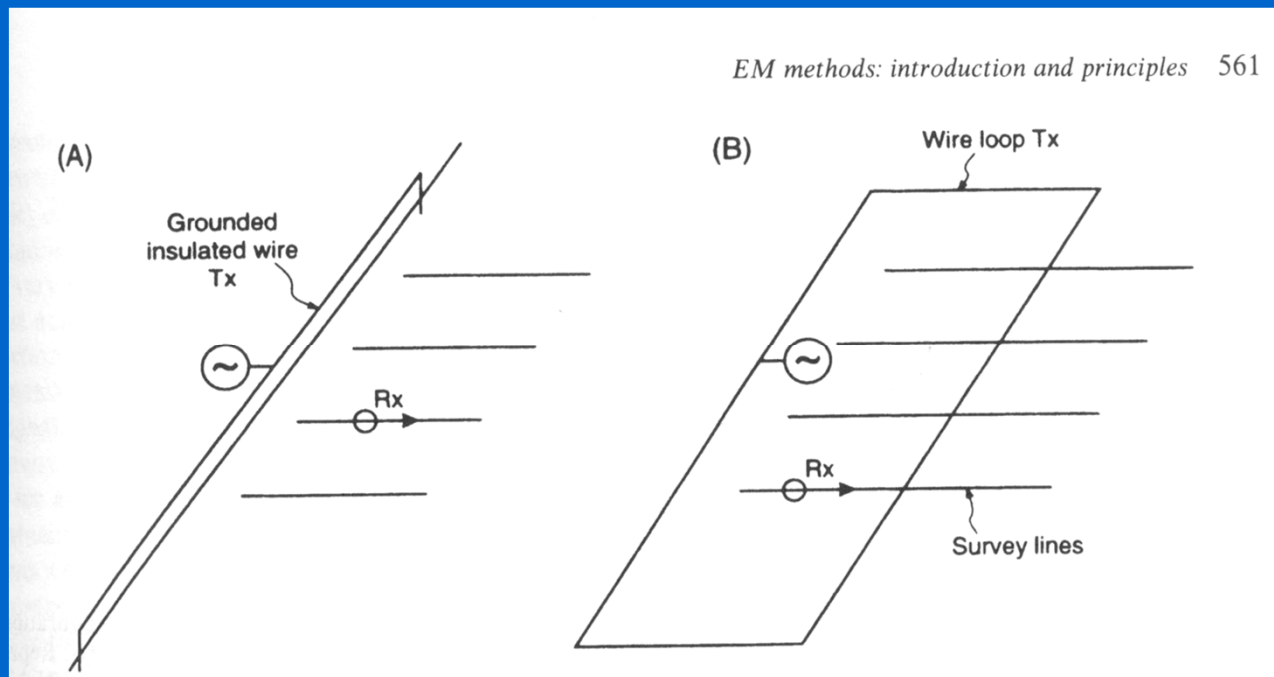


# Métodos eletromagnéticos

Configuração – método Sundberg

a) Fio de centenas de metros a kms

B) bobina 1200m x 400m



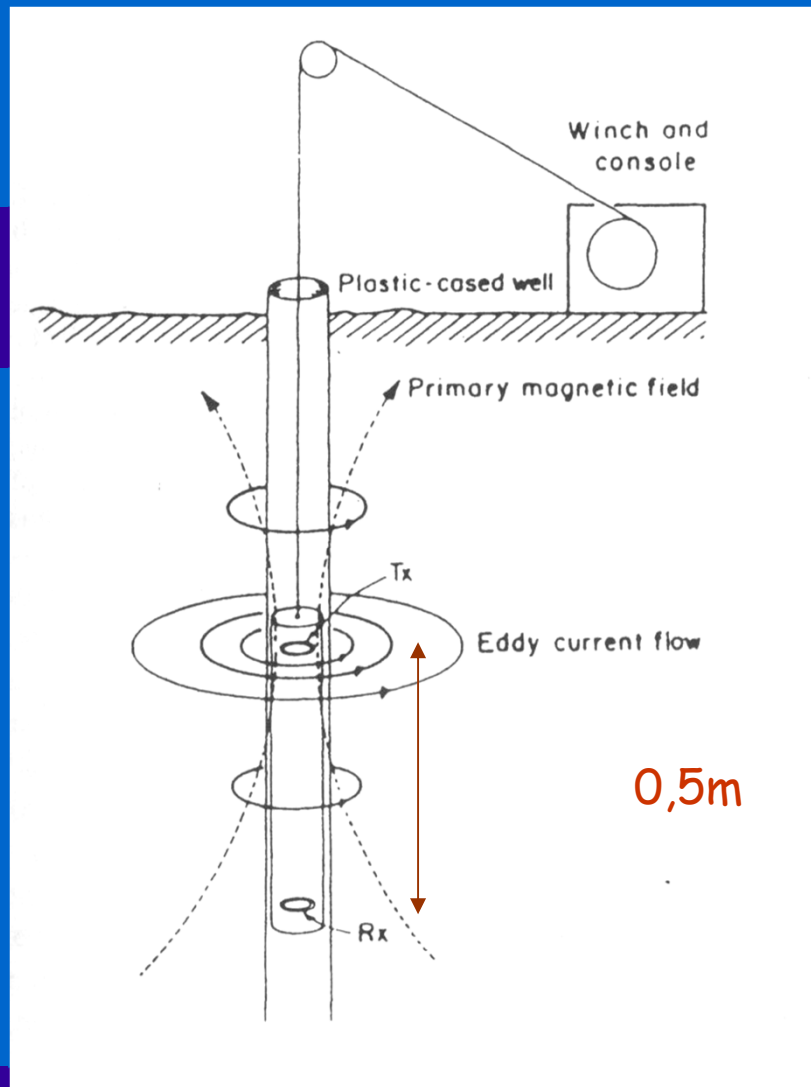
Reynolds, 1997

- 
- 
- 

## Transmissor e receptor - terrestre



## Sistemas Borehole (sondagem)



5 a 20 cm de diâmetro

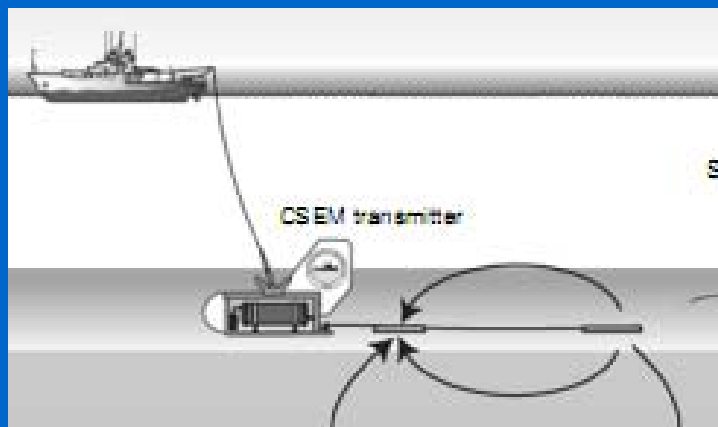
Reynolds, 1997



- 
- 
- 

# Perfilagem eletromagnética de fonte controlada

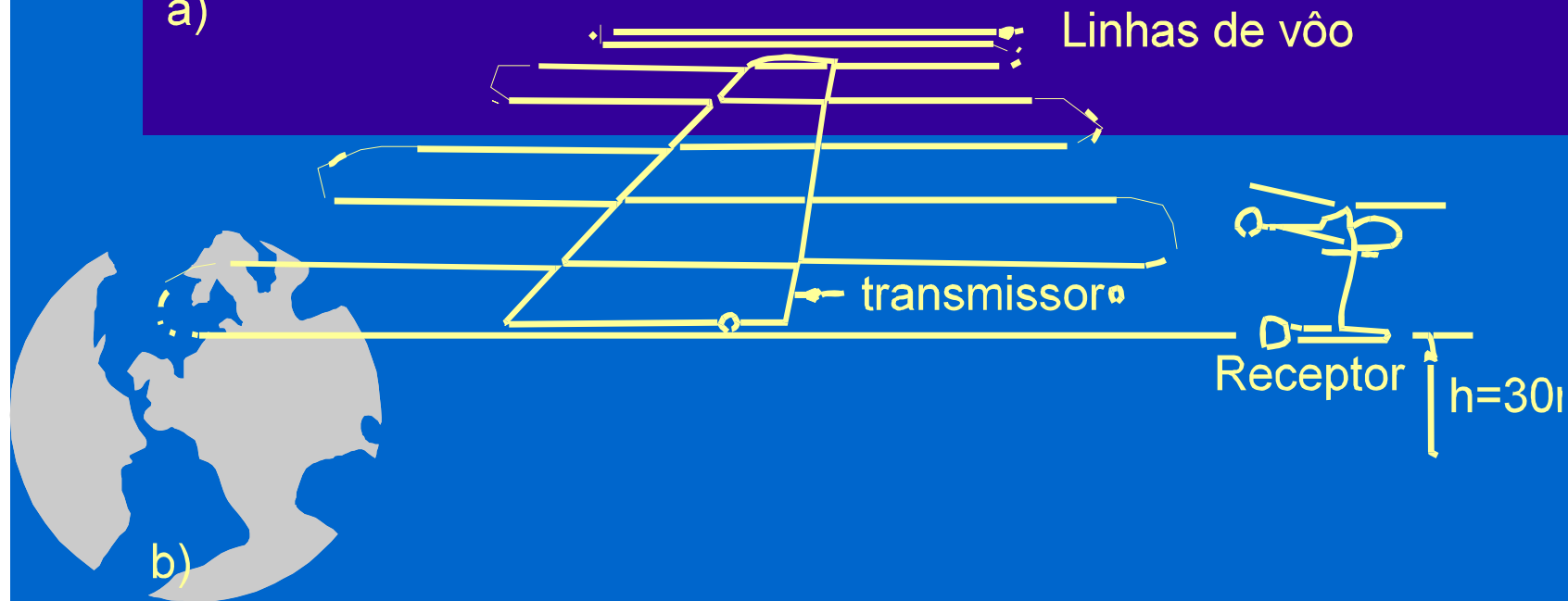
- Equipamentos utilizados:
- Gerador eletromagnético de fonte controlada



- T. de Geofísica: Introdução ao Método eletromagnetométrico
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 

Sistema Ativo  
Transmissor fixo

a)



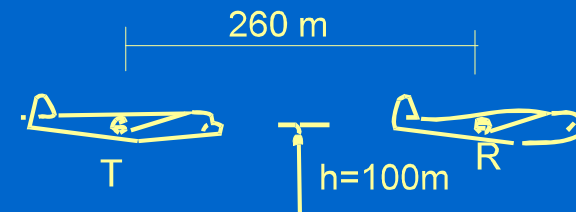
b)



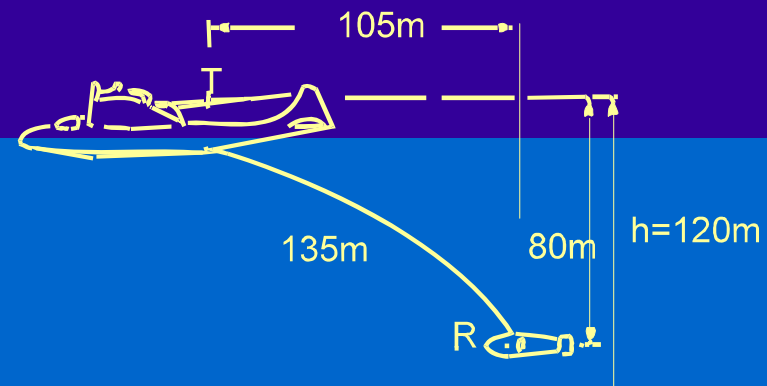
# T. de Geofísica: Introdução ao Método eletromagnetométrico

Sistema Ativo  
Transmissor móvel

1 - duas aeronaves

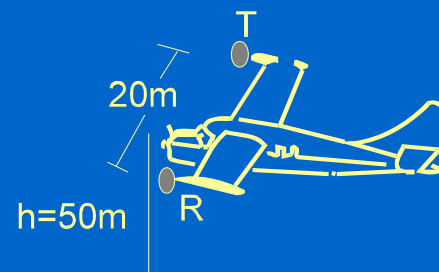


2 - T – avião R no bird

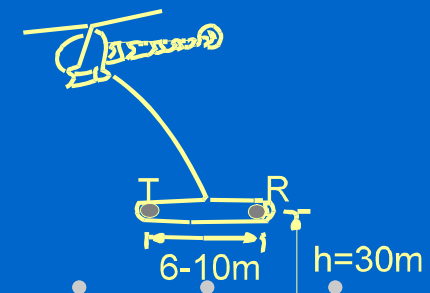


3 - T e R nas asas ou no Bird

d) Wing Tip



Helicóptero



- T. de Geofísica: Introdução ao Método eletromagnetométrico

Sistema VTEM – loop de 26m de diâmetro



# Métodos eletromagnéticos

- Os levantamentos e.m. não requerem contacto físico do receptor/emissor com o solo, podendo ser feitos de avião.

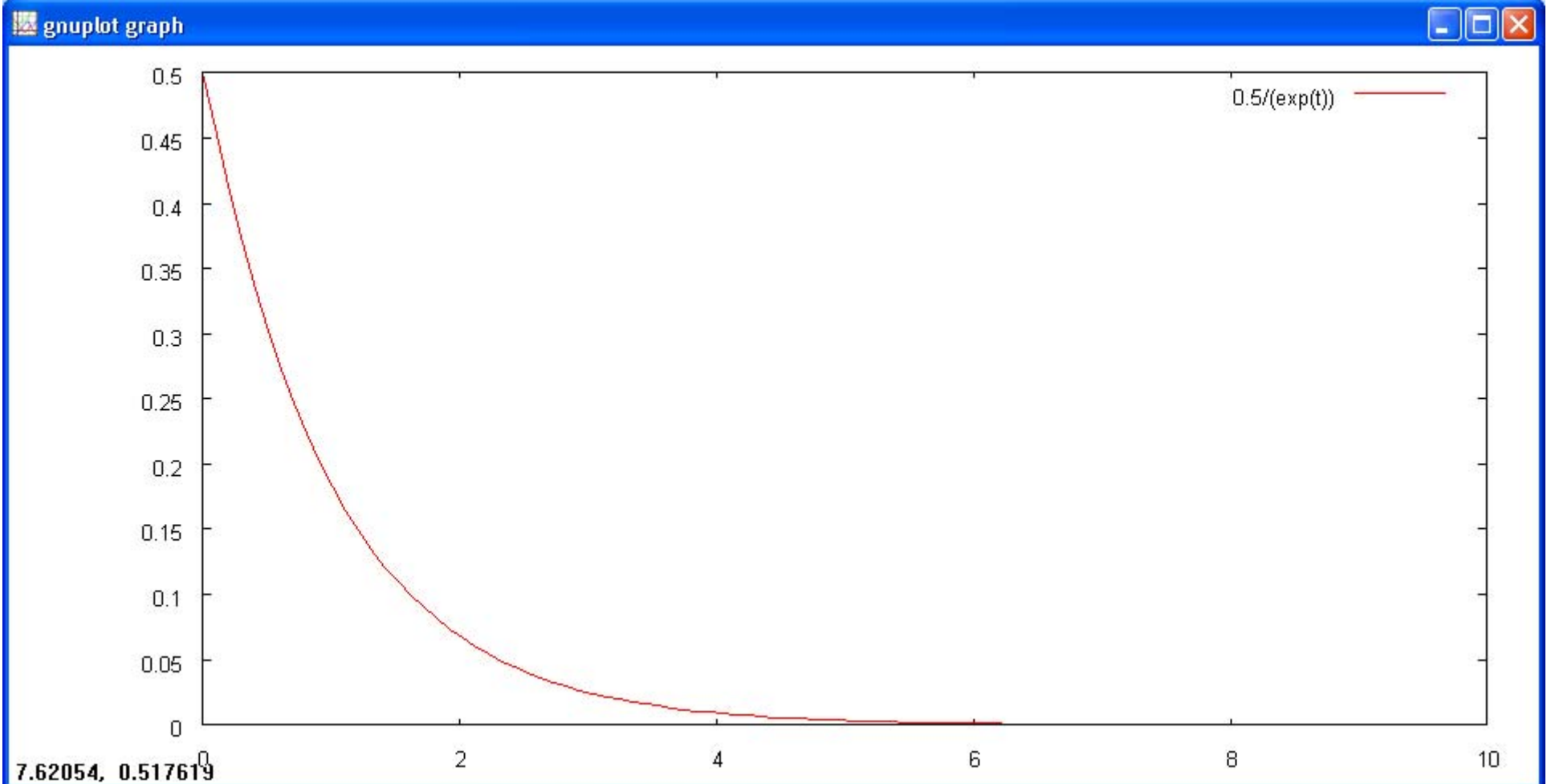
A profundidade de penetração de uma onda electromagnética depende

- da sua frequência
- da condutividade eléctrica ( $\sigma=1/\rho$ ) do meio

A profundidade de penetração,  $d$ , pode ser definida como a profundidade para a qual a amplitude do campo,  $A_z$ , decresce por um factor  $1/e$  (comparada com a amplitude à superfície,  $A_0$ ):

$$A_z = A_0 e^{-1}$$

# Métodos eletromagnéticos



$A_0$ :

$$Az = A_0 e^{-1}$$

# Métodos eletromagnéticos

A profundidade de penetração é aproximadamente dada por :

$$\delta = \left( \frac{2}{\omega \mu \sigma} \right)^{1/2} = 503 \left( \frac{1}{f \sigma} \right)^{1/2}$$

( $\omega = 2\pi f$ ;  $\sigma = \text{S m}^{-1}$ ;  $f = \text{Hz}$ ;  $\mu = 1 = \text{permeabilidade magnética}$ )

A maioria dos instrumentos não vai abaixo dos 100 Hz, e as frequências na banda 800-7000 Hz são as mais utilizadas



# Métodos eletromagnéticos

A profundidade de penetração é aproximadamente dada por :

$$\delta = \left( \frac{2}{\omega \mu \sigma} \right)^{1/2} = 503 \left( \frac{1}{f \sigma} \right)^{1/2}$$

( $\omega = 2\pi f$ ;  $\sigma = \text{S m}^{-1}$ ;  $f = \text{Hz}$ ;  $\mu = 1 = \text{permeabilidade magnética}$ )

Resistividade: 10 ohm.m

Condutividade:  $\sigma = 1/10 = 0,1 \text{ S/m}$

$f_1 = 100 \text{ Hz}$  e  $f_2 = 5000 \text{ Hz}$

F1 Profundidade =  $503(1/(100 \cdot 0,1))^{1/2} = 159 \text{ m}$

F2 Profundidade =  $503(1/(5000 \cdot 0,1))^{1/2} = 22 \text{ m}$



# Resistividade Geológica

Prata nativa  $1,6 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$

Enxofre puro  $1 \cdot 10^{16} \Omega\text{m}$

Ígnea

$> \rho$

Matamórfica

Sedimentar

$< \rho$

## Idade

- Rocha vulcânica quaternário 10-200  $\Omega\text{m}$
- Mesma Pré Cambriano ( $\rho >$ )
- Antiga – susceptível a processos de mineralização e compactação (interstícios). DIMINUINDO permeabilidade e porosidade

# Resistividade de material

Material	Resistividade ( $\Omega m$ )
<i>Sulfetos</i>	
Calcopirita (semi cond)	$1,2 \cdot 10^{-5} - 3 \cdot 10^{-1}$
Pirita (semi cond)	$2,9 \cdot 10^{-5} - 1,5$
Pirrotita (semi cond)	$7,5 \cdot 10^{-6} - 5 \cdot 10^{-2}$
Galena (semi cond)	$3 \cdot 10^{-5} - 3 \cdot 10^2$
Esfalerita (Diel.)	$5 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-2}$
	$1,5 \cdot 10^7$
<i>Óxidos</i>	
Hematita (Diel)	$3,5 \cdot 10^{-3} - 10^7$
Limonita	$10^3 - 10^7$
Magnetita	$5 \cdot 10^{-5} - 5,7 \cdot 10^3$
Ilmenita	$10^{-3} - 5 \cdot 10$
Xisto ( calcáreo e mica)	$20 - 10^4$
Xisto (grafite)	$10 - 10^2$
Ardósia	$6 \cdot 10^2 - 4 \cdot 10^7$
Marble	$10^2 - 3,5 \cdot 10^8$
Folhelho	$20 - 2 \cdot 10^2$
Conglomerado	$2 \cdot 10^3 - 10^4$
Arenito	$1 - 7,4 \cdot 10^8$
Calcário	$5 \cdot 10 - 10^7$
Dolomita	$3 \cdot 5 \cdot 10^2 - 5 \cdot 10^3$

Material	Resistividade ( $\Omega m$ )
Mars	3 – 70
Argila	1 – 100
Aluvião e areia	10 – 800
Moraine	10 – $5 \cdot 10^3$
Arenito Sherwood	100 – 400
Solo (40% argila)	8
Solo (20% argila)	33
Solo	250 – 1700
Argila London	4- 20
Argila lias	10 – 15
Argila boudier	15 – 35
Argila (seca)	50-150
Lamito-Mercia	20 –60
Carvão/argila	50
Carvão	100
Chalk	50 – 150
Coke	0,2 – 8
Pedregulho (seco)	1400
Pedregulho (saturado)	100
Areia (Quaternário)	50 – 100



- 
- 
- 

# Resistividade de material

Minerais metálicos T=0°C

Material	Resistividade ( $\Omega\text{m}$ )
Alumínio	$2,5 \times 10^{-8}$
Titânio	$15,3 \times 10^{-8}$
Cobalto	$6,3 \times 10^{-8}$
Níquel	$6,35 \times 10^{-8}$
Cobre	$1,6 \times 10^{-8}$
Zinco	$1,6 \times 10^{-8}$
Prata	$1,5 \times 10^{-8}$
Ouro	$2,0 \times 10^{-8}$

# Resistividade de material

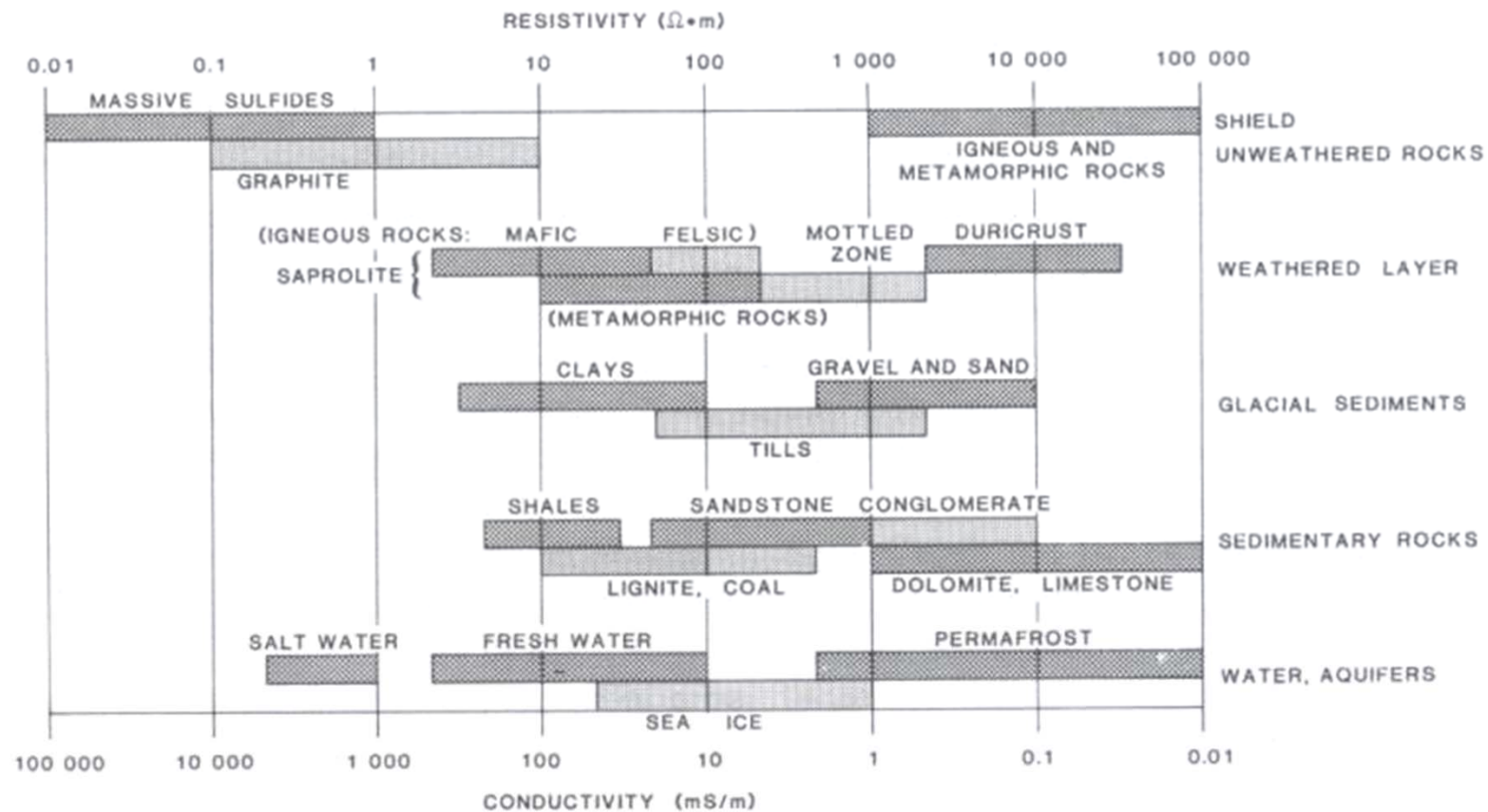
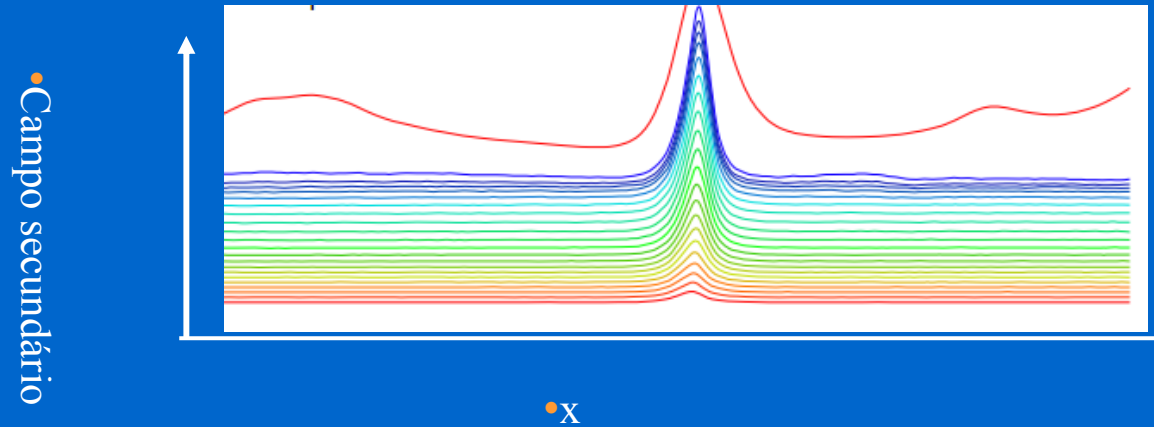


FIG. 2. Typical ranges of resistivities of earth materials.

# Métodos eletromagnéticos

## Modelagem



Subsuperfície

?

# • • Métodos eletromagnéticos

Sistema VTEM – loop de 26m de diâmetro



- 
- 
- 

# Métodos eletromagnéticos



[www.geotechairborne.com](http://www.geotechairborne.com)



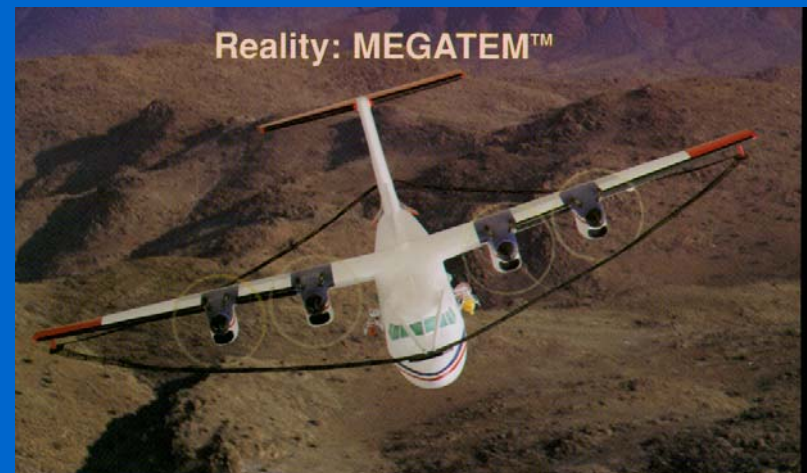
[www.geus.dk/publications/review-greenland-96](http://www.geus.dk/publications/review-greenland-96)

- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
-

# Métodos eletromagnéticos

- Aplicações e casos Históricos

Condutor a 800m – Bacia do Athabaska (Canadá)





# Métodos eletromagnéticos

EM 34

2 operadores

Dipolo vertical: investigação mais profunda.

Distância entre as Bobinas: 10m, 20 ou 40m (6400, 1600 e 400Hz)





# Métodos eletromagnéticos

EM 34





# Métodos eletromagnéticos

EM 34

Receptor

Condutividade aparente



Condutividade

# Métodos eletromagnéticos

EM 34

Transmissor

Liga desliga

espaçamento

Nível



- 
- 
- 
- 
- 
- 



#### 4 – seguir as linhas realizando medidas



# Métodos eletromagnéticos

- EM 34

- Configuração:

**Subsuperfície**



HCP – Horizontal coplanar  
Ou DIPOLO VERTICAL



PERP (perpendicular)

Transmissor

EM34

EM34

Receptor

Campo Primário

Campo Secundário

**Condutor**



# Métodos eletromagnéticos

- EM 34

- Geonics. Frequências: 6400Hz, 1600 Hz e 400 Hz

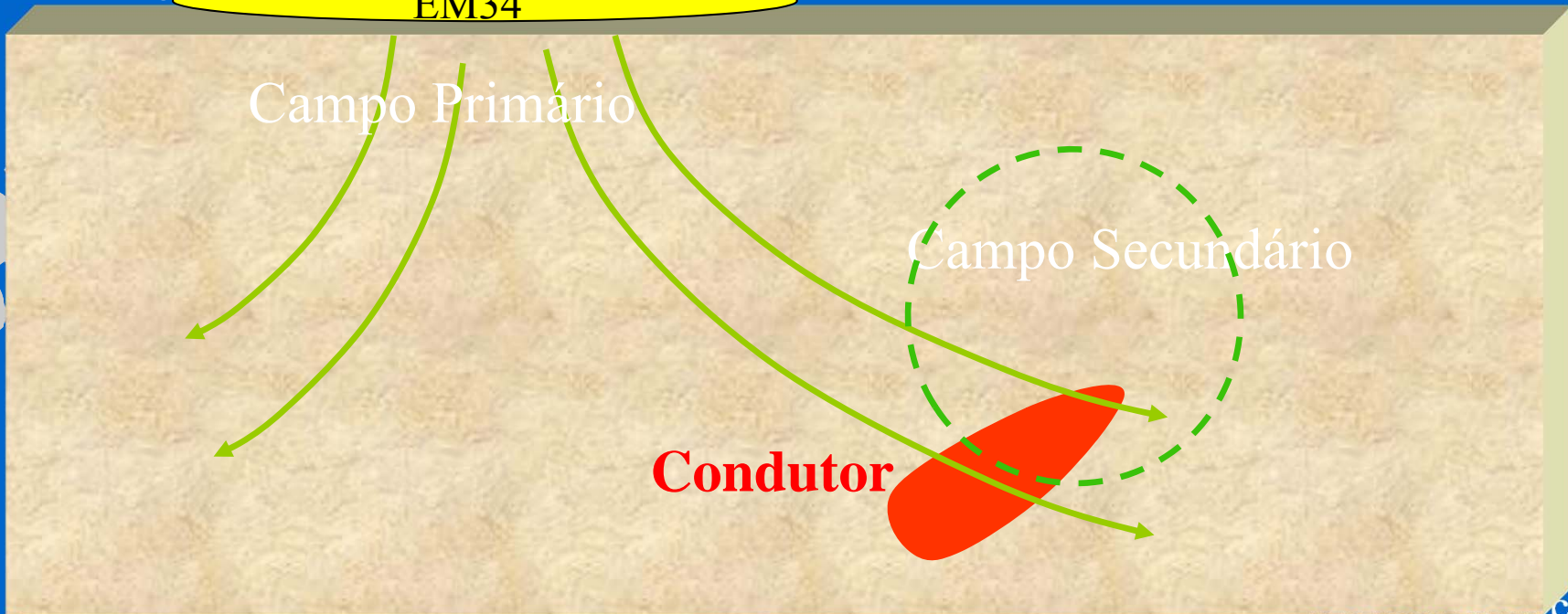
Transmissor

EM34

Campo Primário

Campo Secundário

Condutor



# ⋮ Métodos eletromagnéticos





# Métodos eletromagnéticos

EM 34

2 operadores

Dipolo vertical: investigação mais profunda.

Distância entre as Bobinas: 10m, 20 ou 40m (6400, 1600 e 400Hz)

Peso: 20 Kg

Espaçamento entre as bobinas (m)	Exploração em profundidade	
	Dipolos Horizontais (m)	Dipolos verticais (m)
10	7,5	15
20	15	30
40	30	60



01.04.2010

# Métodos eletromagnéticos

- EM 34

**Conductivity Ranges:**  $\pm 10, 100, 1000$  mS/m

**Measurement Precision:**  $\pm 0.1\%$  of full scale deflection

**Noise Level:** 0.2 mS/m

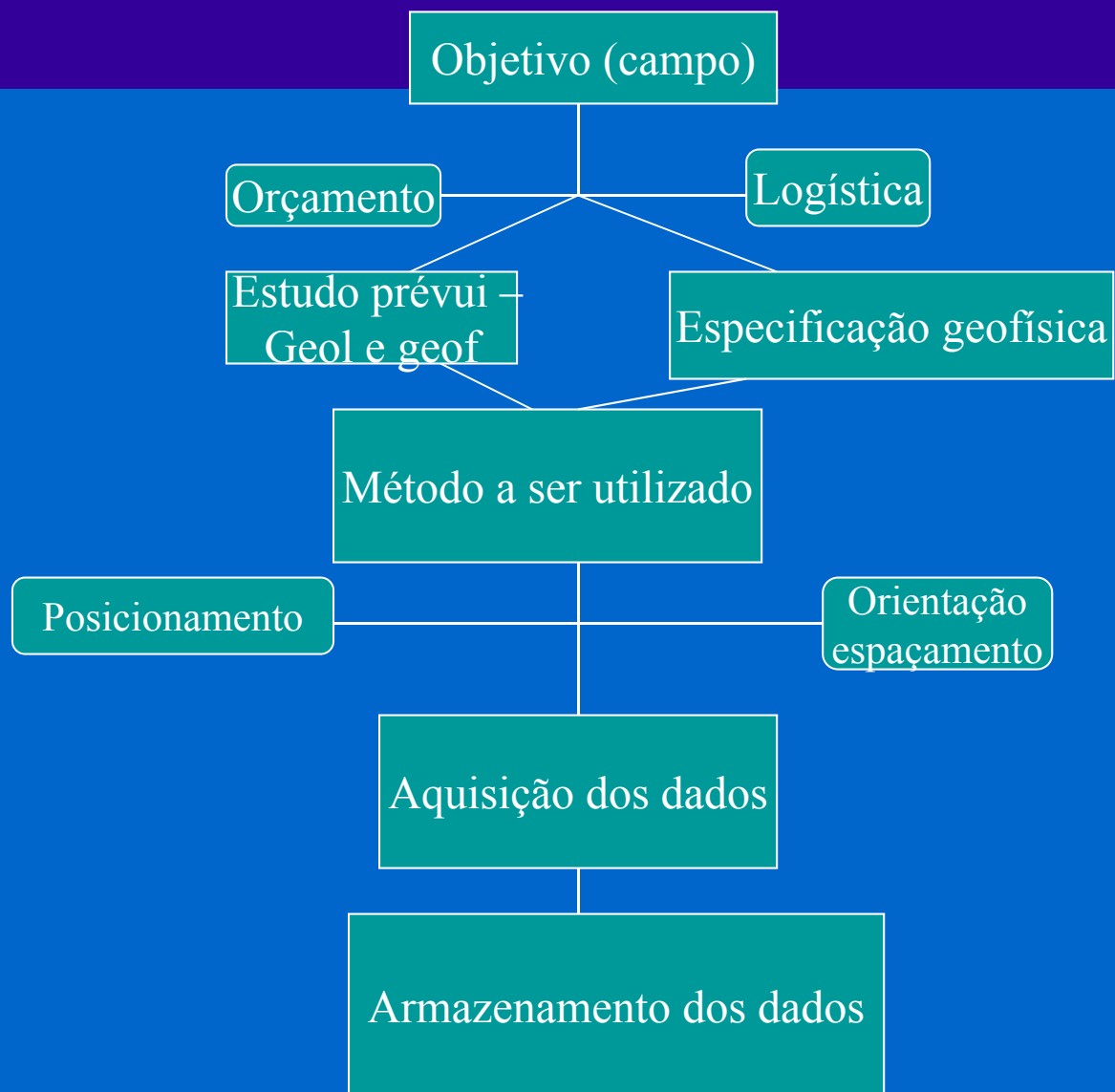
Direção: perpendicular ao alvo, atravessando o alvo.

Acompanha: trena, piquetes, GPS, bússola, marreta, caixa de ferramentas, etc

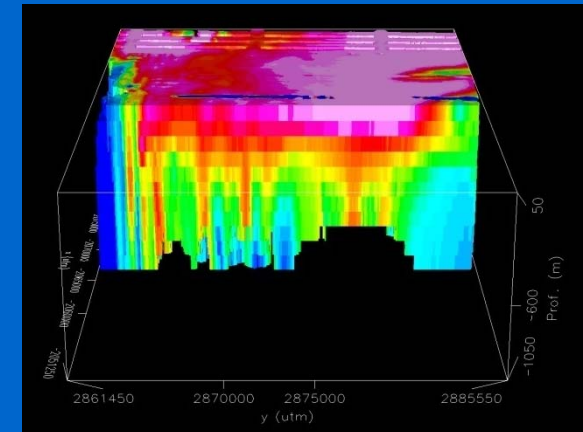
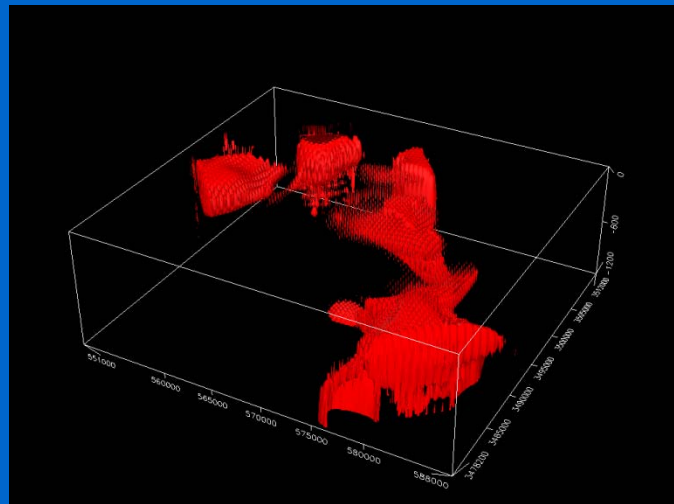
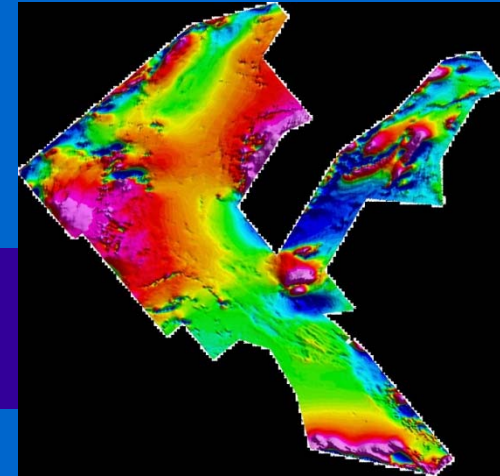
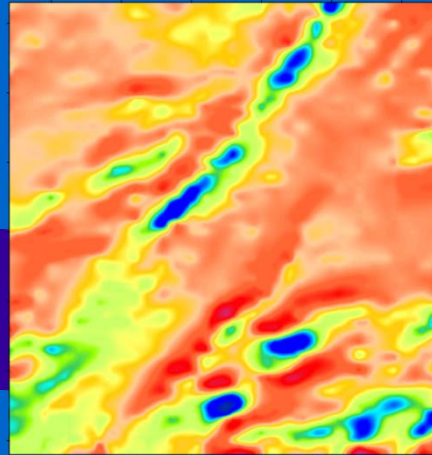
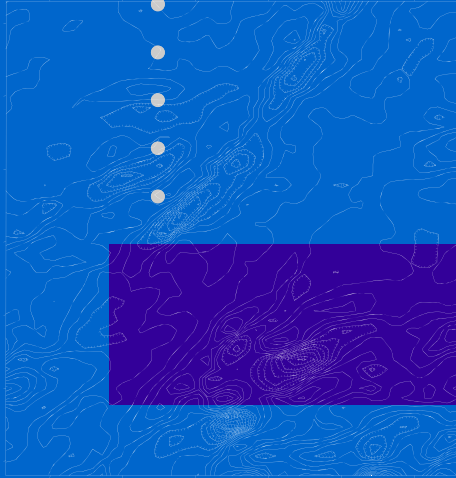




# Planejamento de Campo



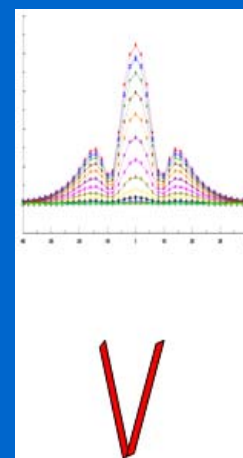
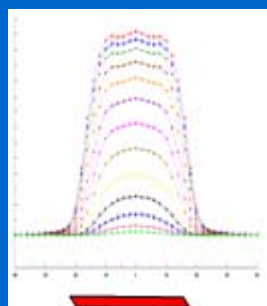
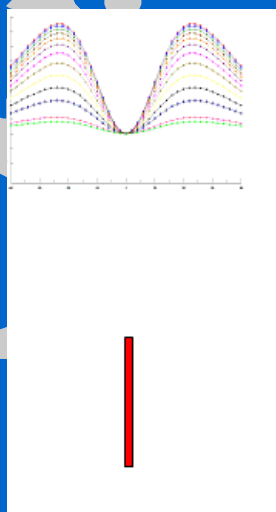
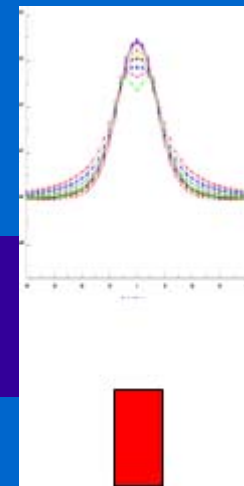
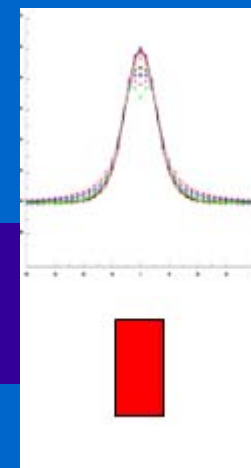
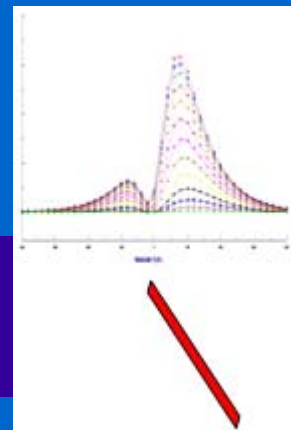
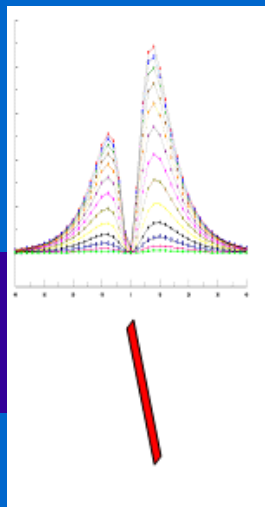
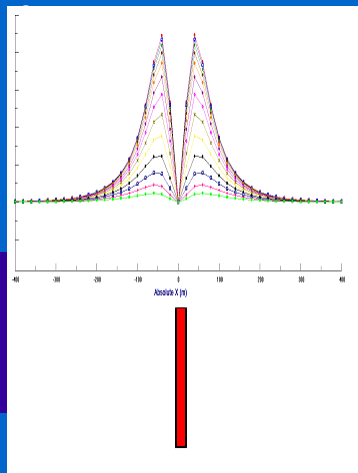
# Processamento de dados Geofísicos



# Métodos eletromagnéticos

- Processamento\_VTEM: Placa

Prisma



# Métodos eletromagnéticos

- Aplicações e casos Históricos

Os resultados EM por si só não diagnosticam se a exploração de minério é economicamente viável ou não



# Métodos eletromagnéticos

- Aplicações e casos Históricos

Localização de corpos mineralizados:

Exemplos:

- Canadá - 6 exemplo de depósitos - tipo VMS



# Métodos eletromagnéticos

- Aplicações e casos Históricos

- Tipos de alvo

Slingram , VLF e gravimetria

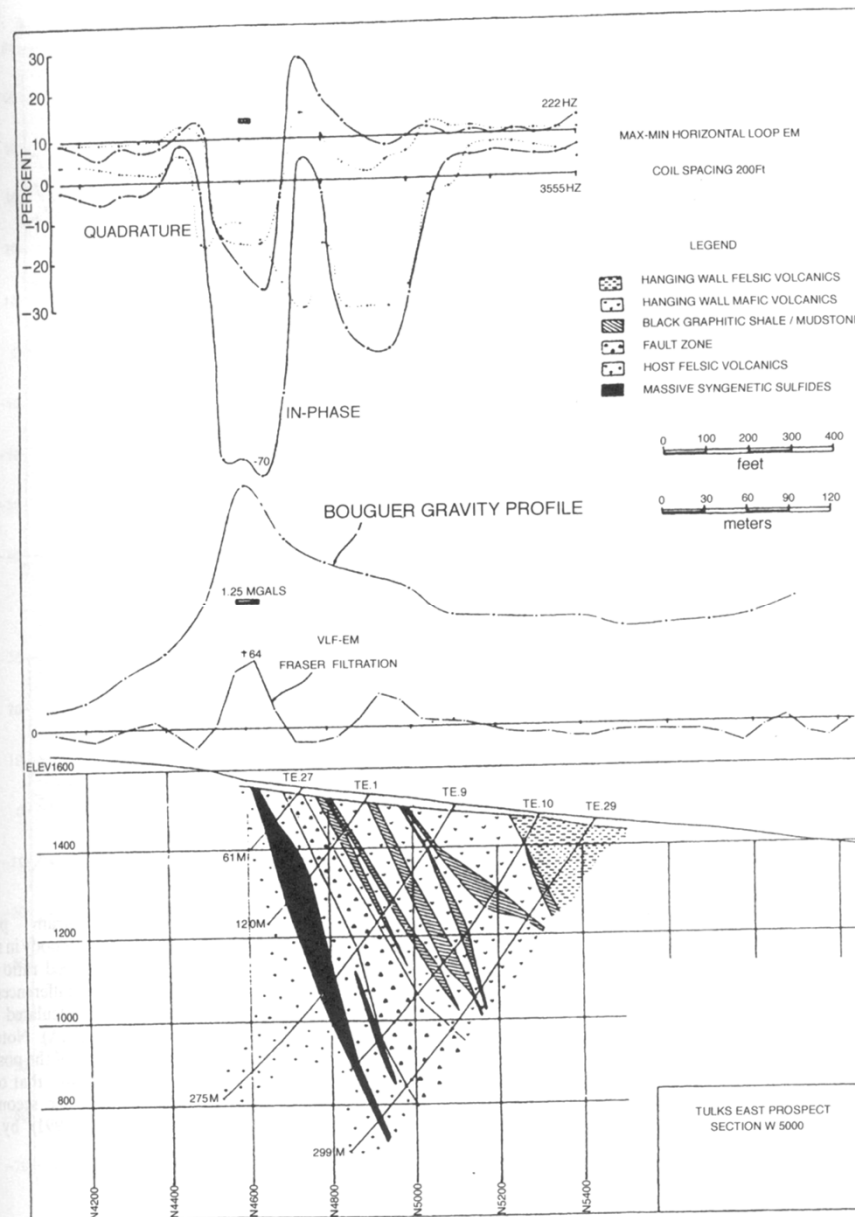
Local Newfoundland

Anomalia observada – VLF e gravimetria (+)

Maxmin – mais acentuada com maior frequência (3555Hz).

Sulfeto

# Métodos eletromagnéticos



# Métodos eletromagnéticos

- Aplicações e casos Históricos

- Tipos de alvo

Norte da Suécia

TURAM

Plote de duas componentes: Razão reduzida e diferença de fase

Campo secundário – deslocamento de 4 metros

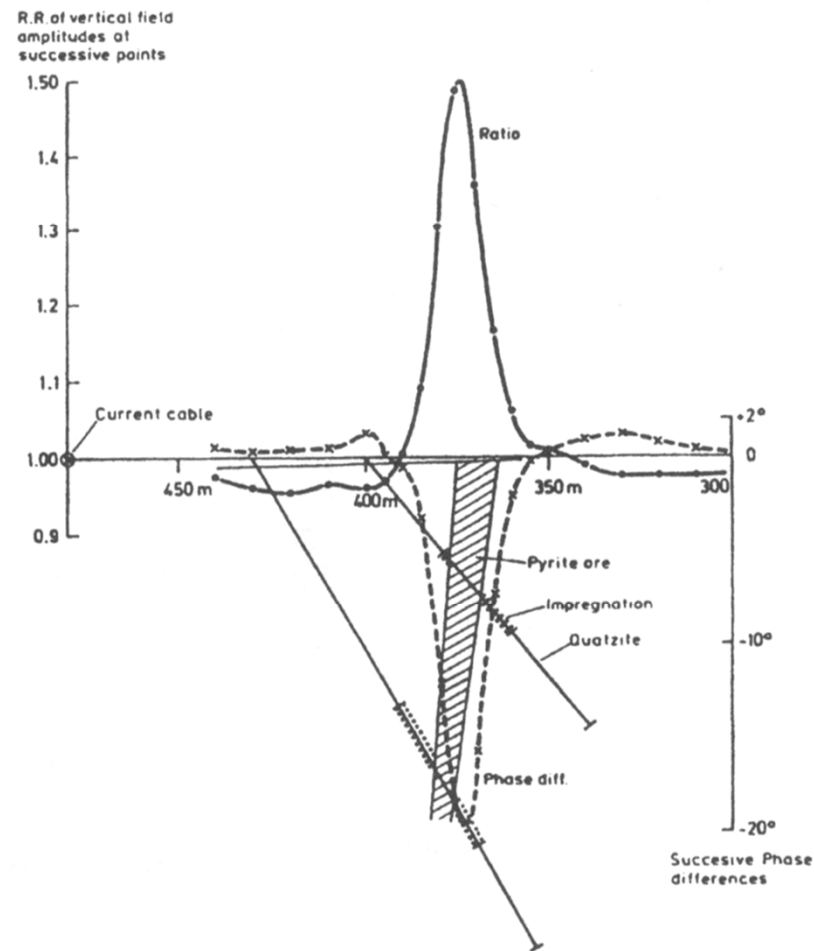
Minério : Pirita



# Métodos eletromagnéticos

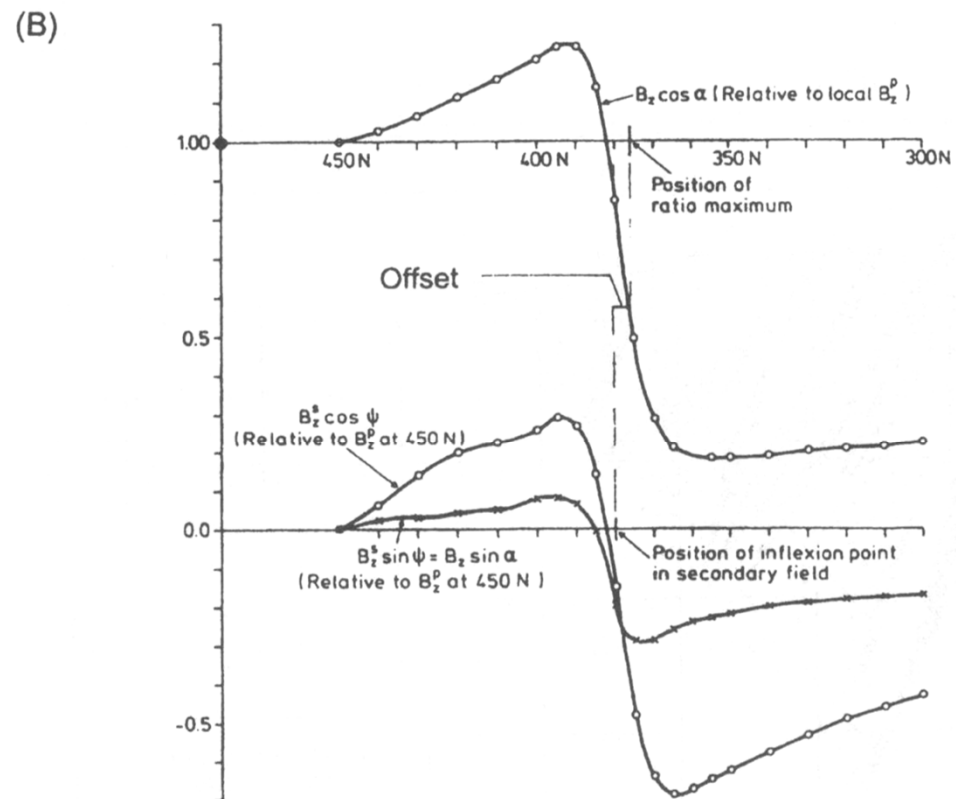
606 *An introduction to applied and environmental geophysics*

(A)



# Métodos eletromagnéticos

- Aplicações e casos Históricos



# Métodos eletromagnéticos

- Aplicações e casos Históricos

- Tipos de alvo

Ontário – Canadá

HLEM

Separação entre bobinas de 100m

Condutor subvertical



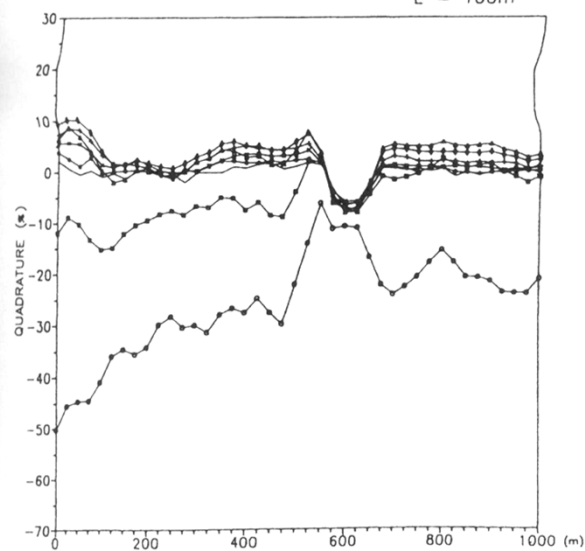
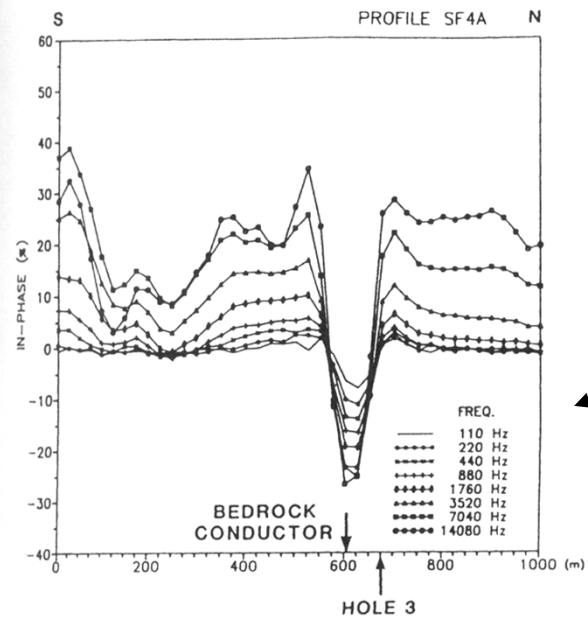
N

EM m

gnéticos

stóricos

Em fase



Quadratura



# Métodos eletromagnéticos

- Aplicações e casos Históricos

- Tipos de alvo

Ontário – Canadá

HLEM

Separação entre bobinas de 100m

Condutor subvertical



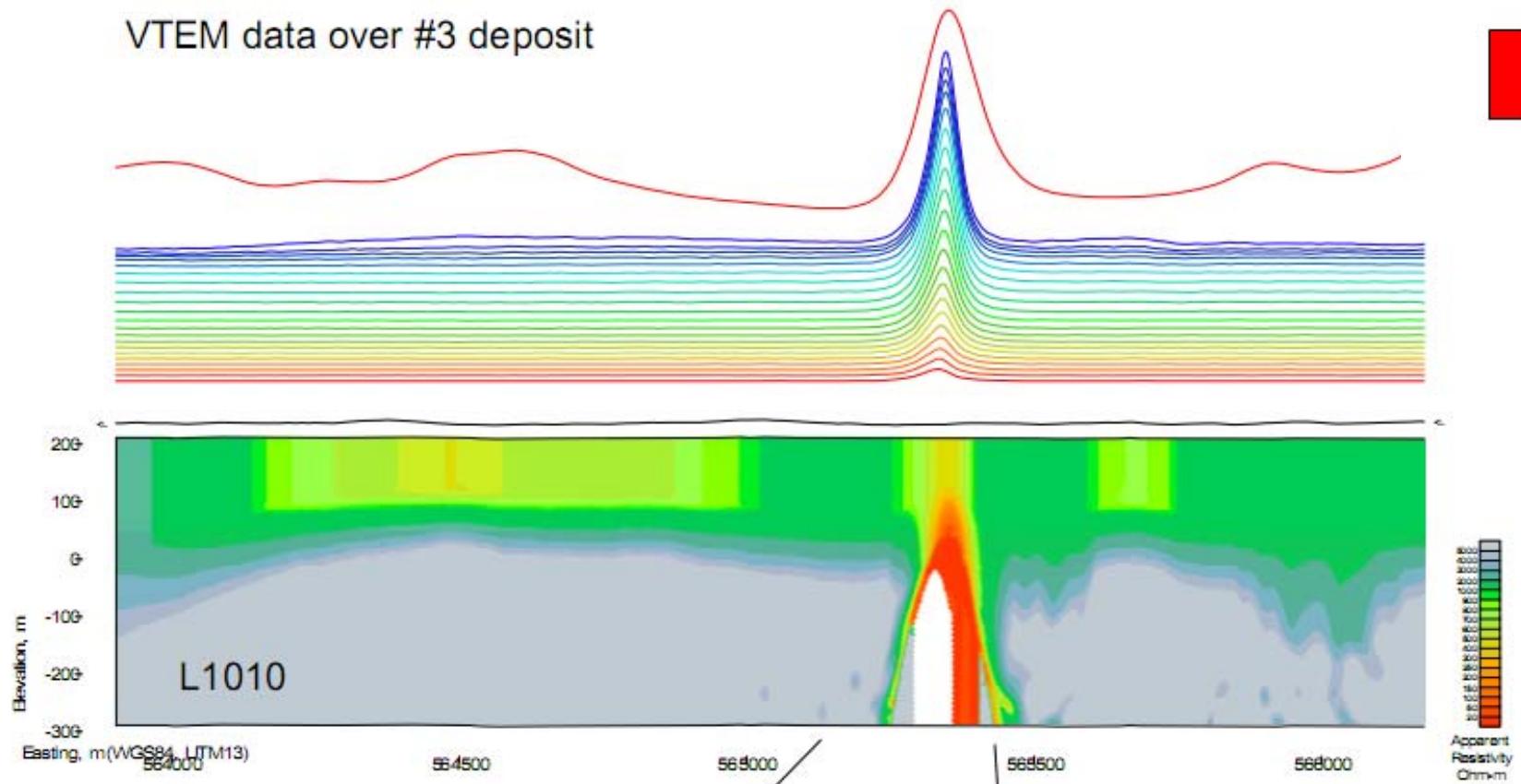
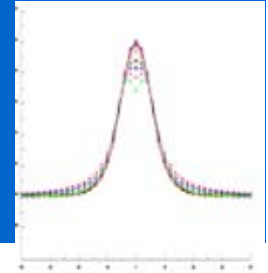
# Métodos eletromagnéticos

- Aplicações e casos Históricos
- Tipos de alvo
- Canadá – depósito - VMS

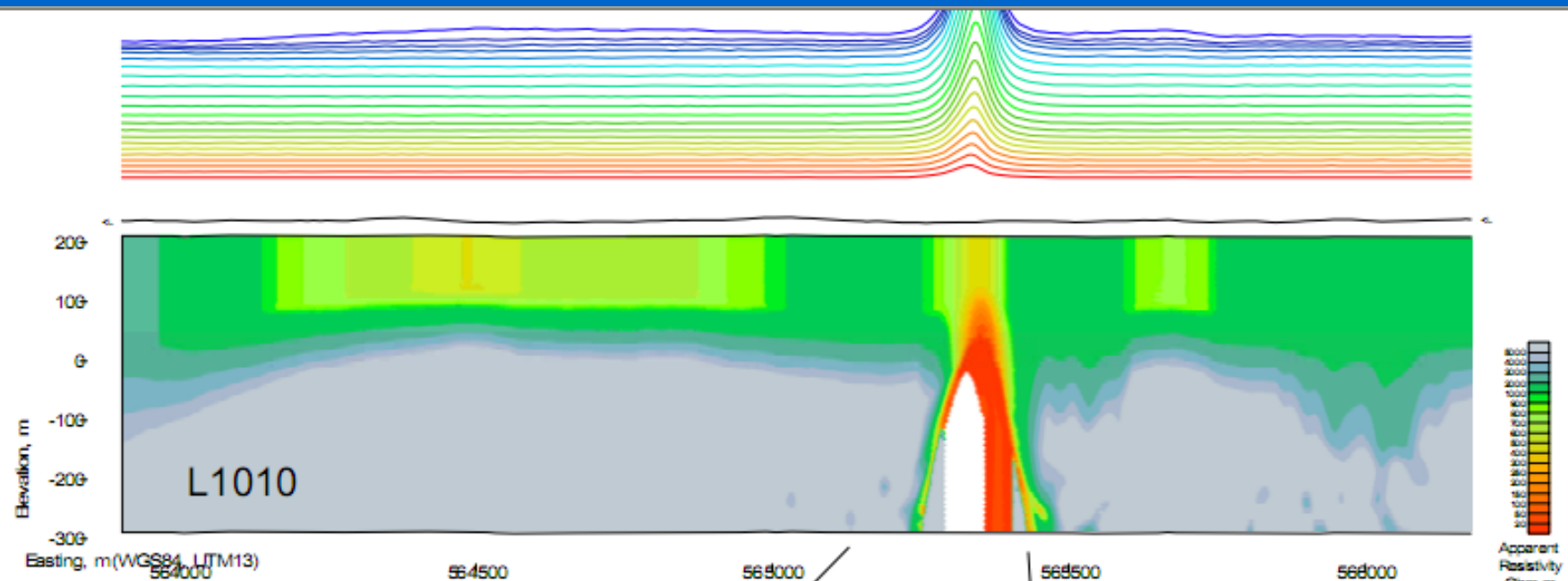


# Métodos eletromagnéticos

- Aplicações e casos Históricos

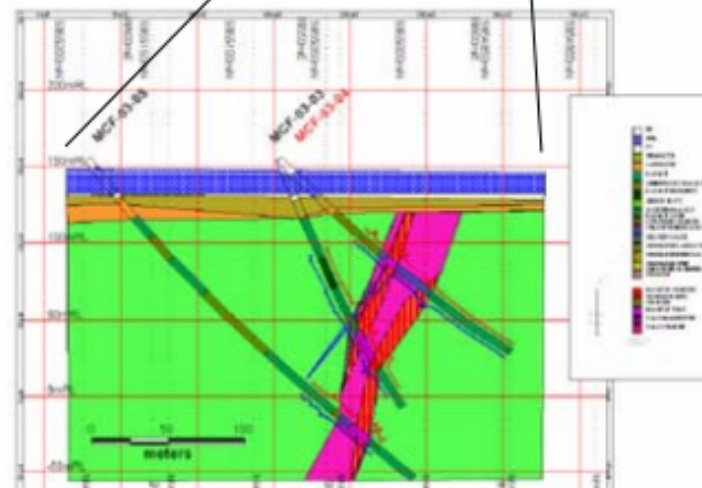


# Métodos eletromagnéticos



McFauld's #3 has reserves of 2.7 mt of 2.22% Copper equivalent.

Note that it is a blind target as it is covered by 20 metres of younger sedimentary rocks

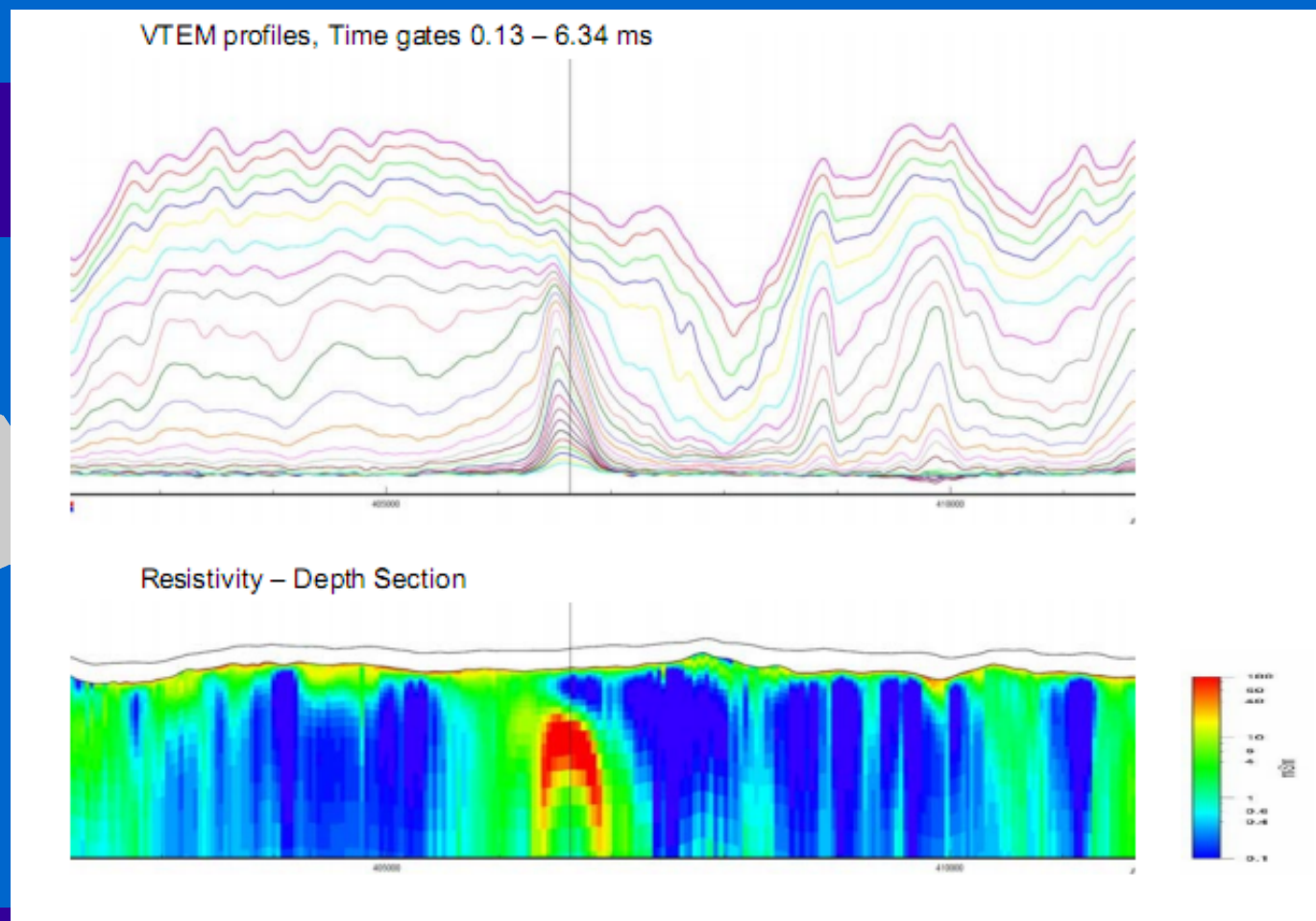




# Métodos eletromagnéticos

## •Aplicações e casos Históricos

Resposta VTEM cobertura condutiva 50m - presença do sulfeto

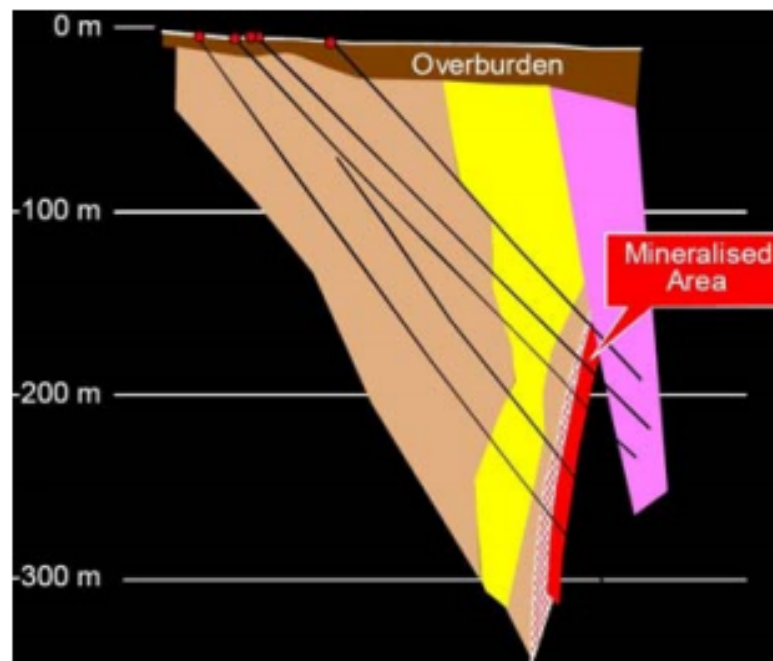


# Métodos eletromagnéticos

## •Aplicações e casos Históricos

•Canadá , Québec– depósito Caber – VMS: cobre e zinco

Localizado a 150m abaixo da cobertura condutiva



# Métodos eletromagnéticos

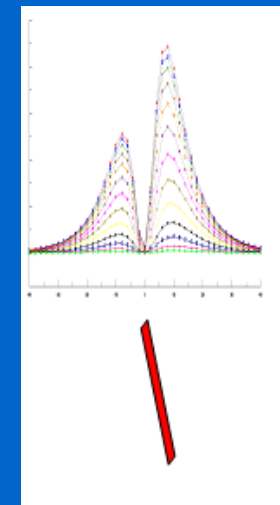
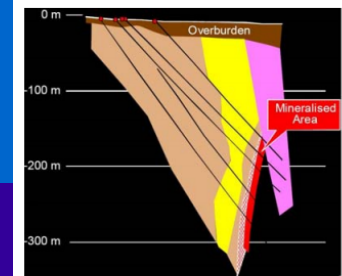
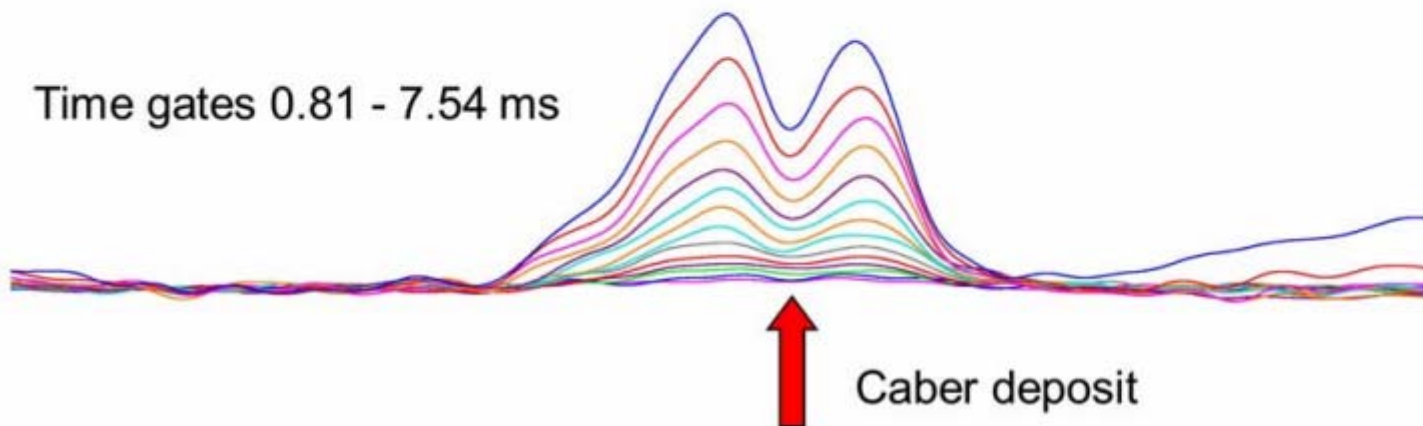
- Aplicações e casos Históricos

## VTEM 30 Hz

Time gates 0.13 - 0.96 ms



Time gates 0.81 - 7.54 ms



- 
- 
- 

# Métodos eletromagnéticos



[www.geotechairborne.com](http://www.geotechairborne.com)

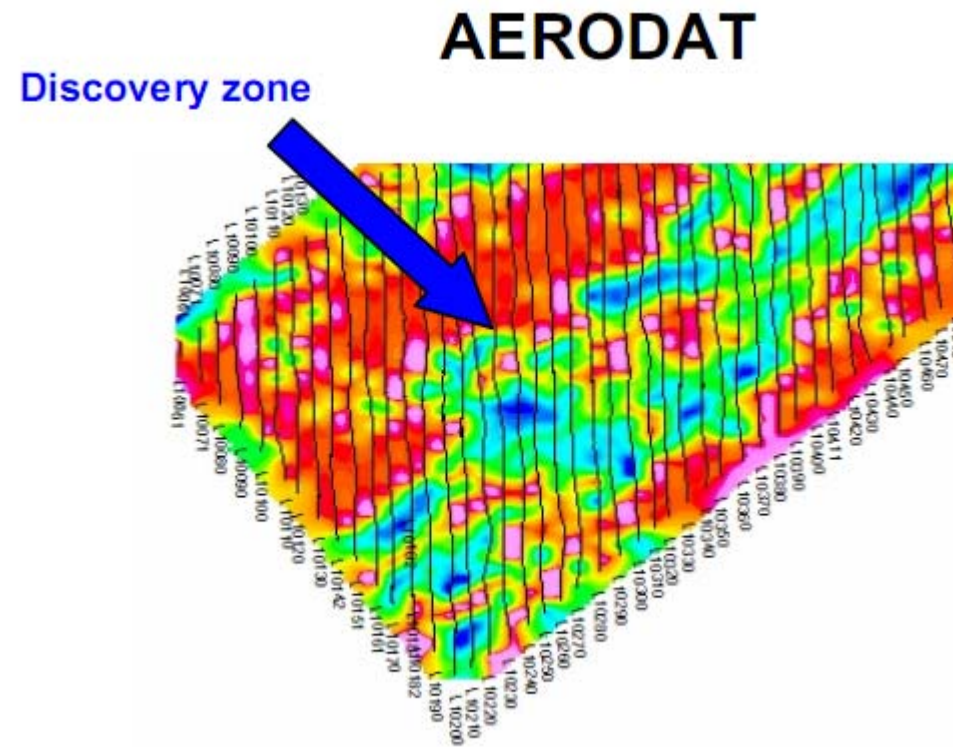
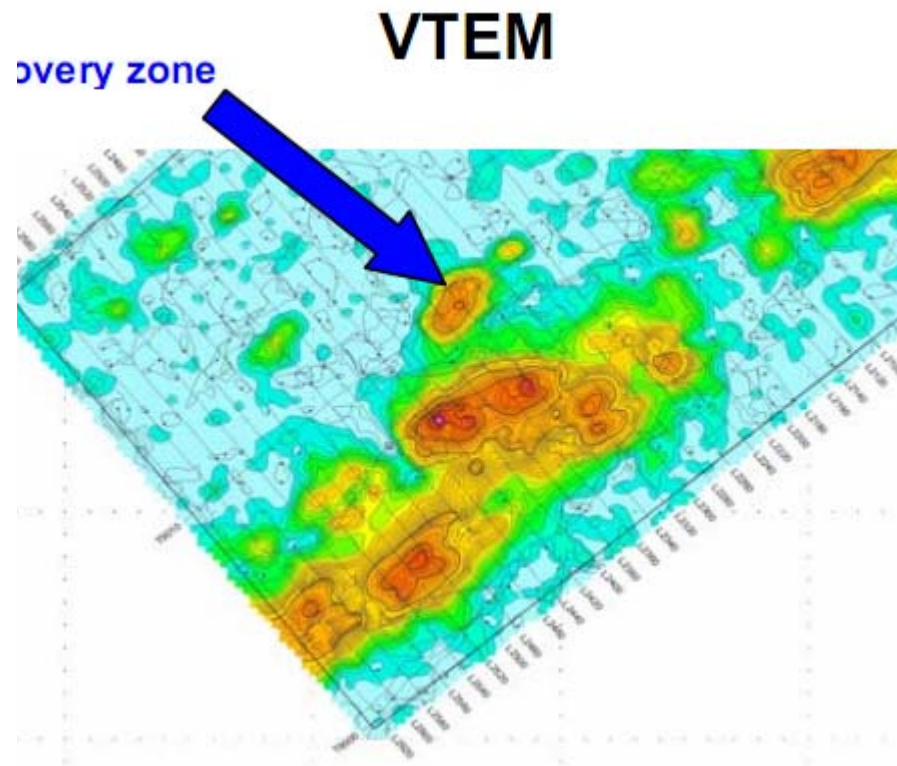


[www.geus.dk/publications/review-greenland-96](http://www.geus.dk/publications/review-greenland-96)

- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
-

# Métodos eletromagnéticos

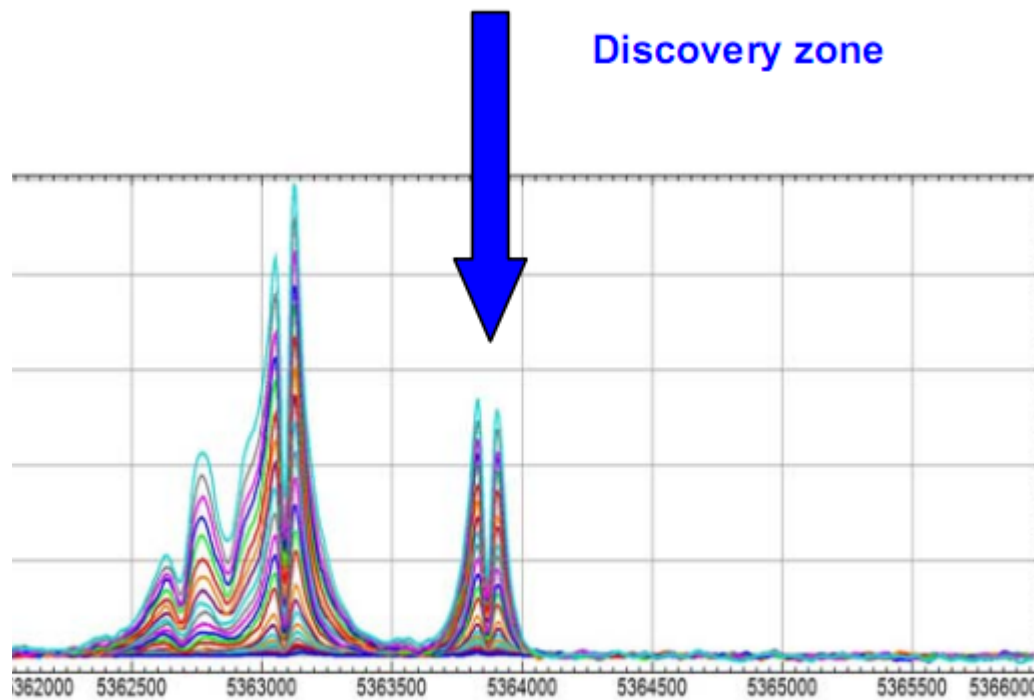
- Aplicações e casos Históricos
- VMS - Canadá



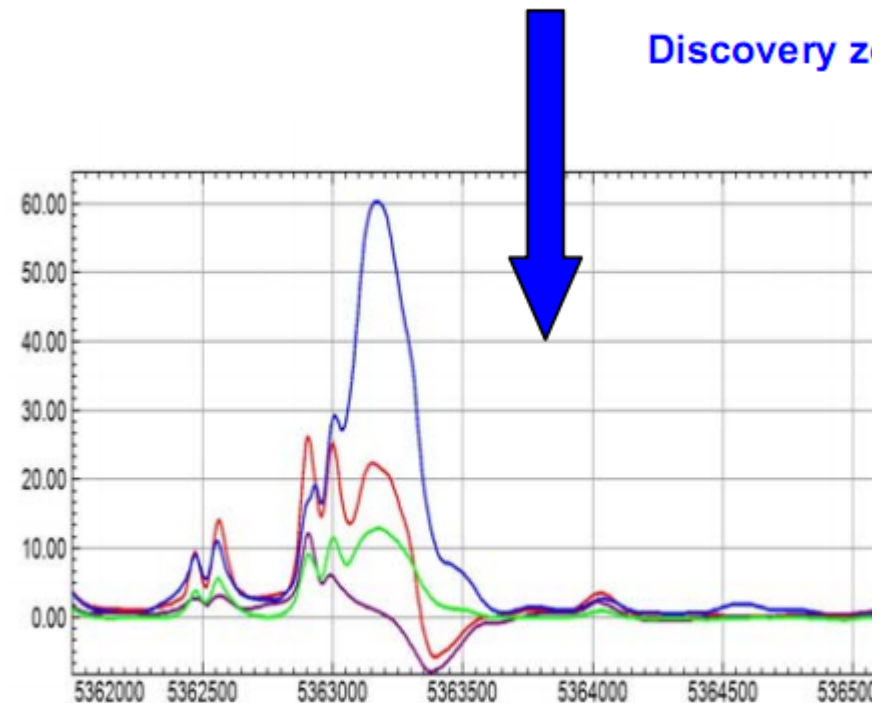


# Métodos eletromagnéticos

- Aplicações e casos Históricos



VTEM profiles, line 2340

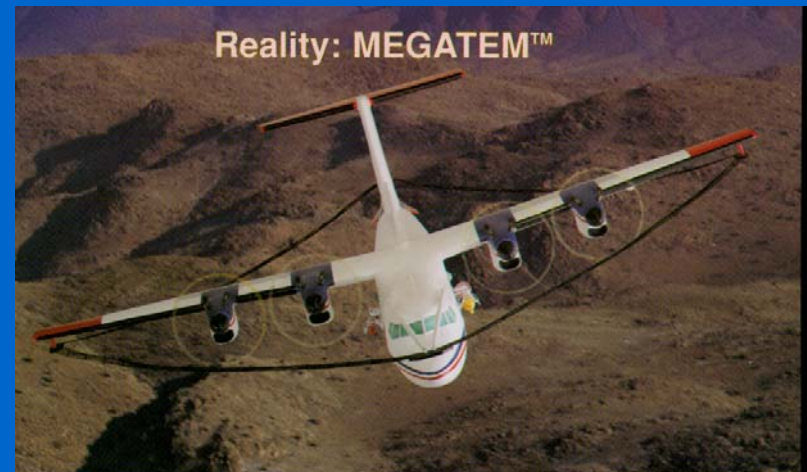


Aerodat coax profiles, line 2340

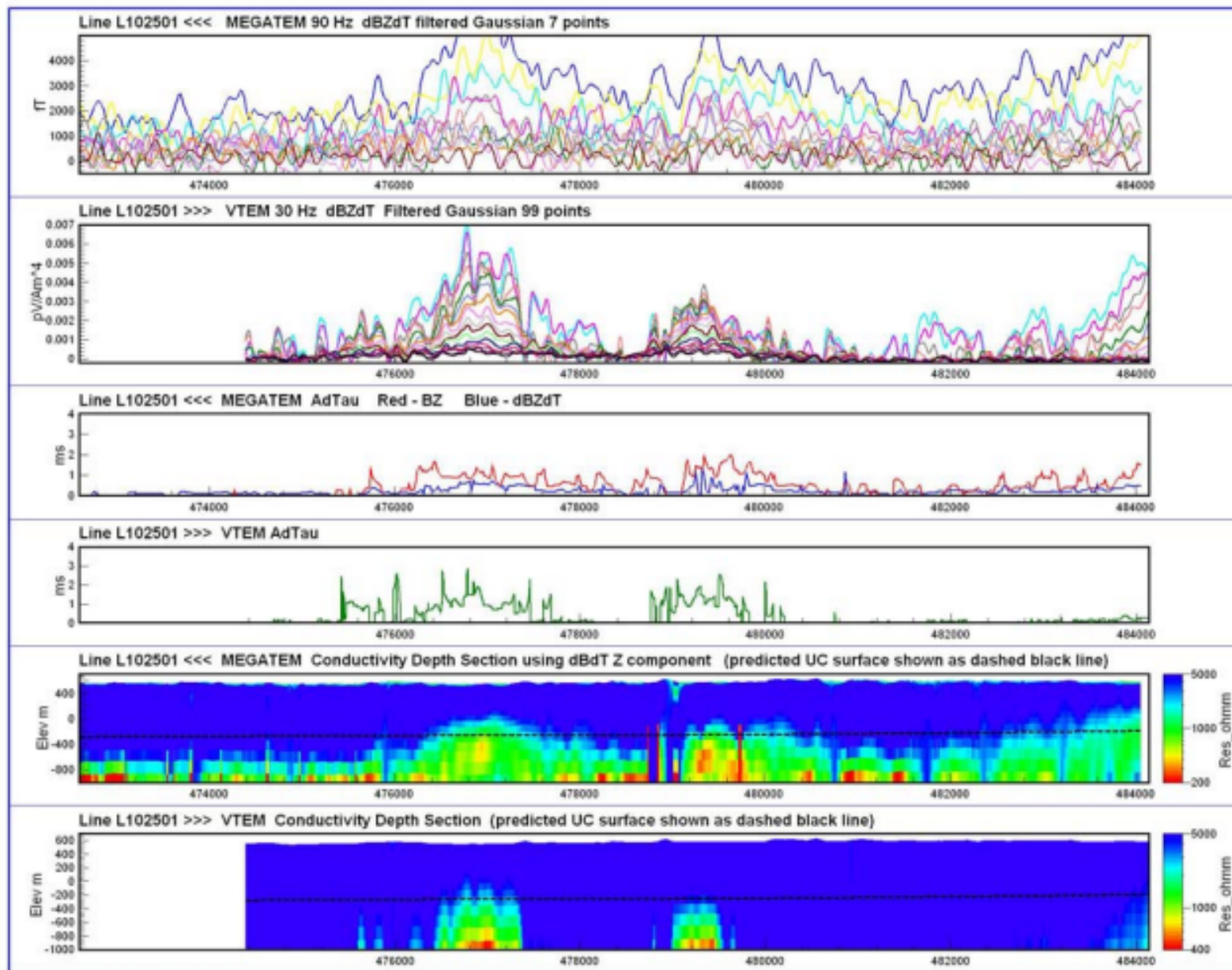
# Métodos eletromagnéticos

- Aplicações e casos Históricos

Condutor a 800m – Bacia do Athabaska (Canadá)

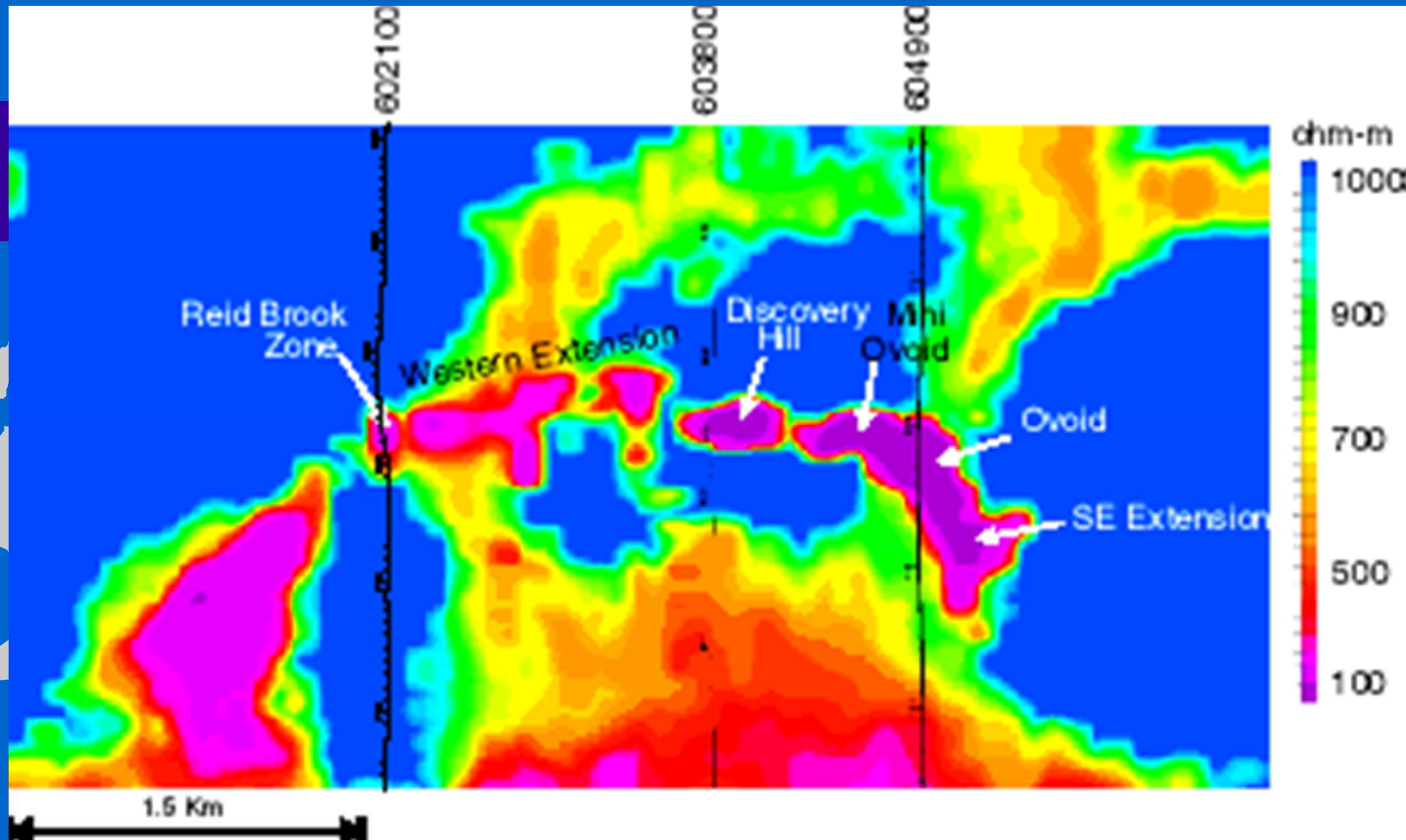






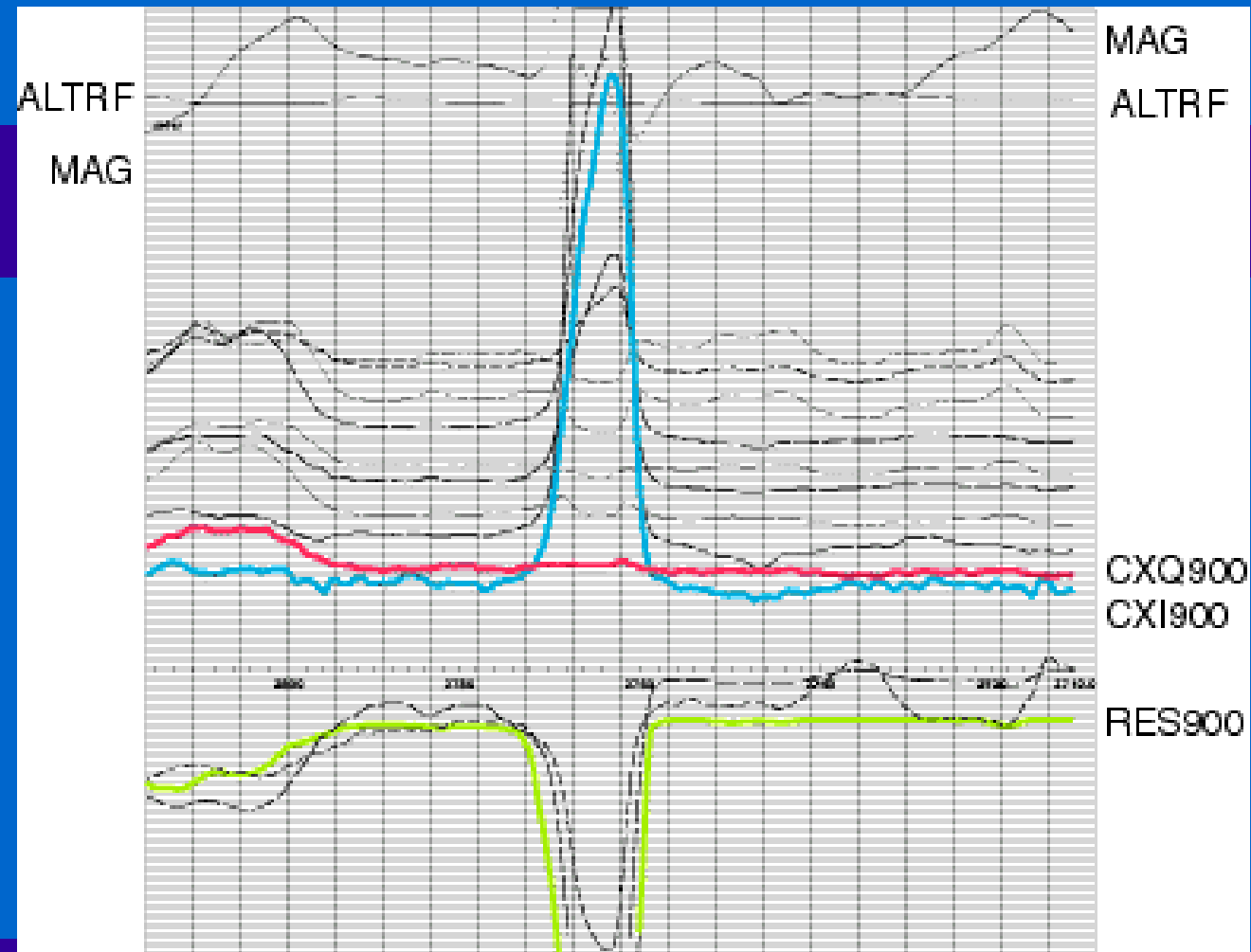
# Métodos eletromagnéticos

- Resistividade aparente- 900Hz - DIGHEM V
- Canadá – Ovoid Zone – depósito Pirrotita, pentlandita e calcopirita além de Cu-Ni-Co



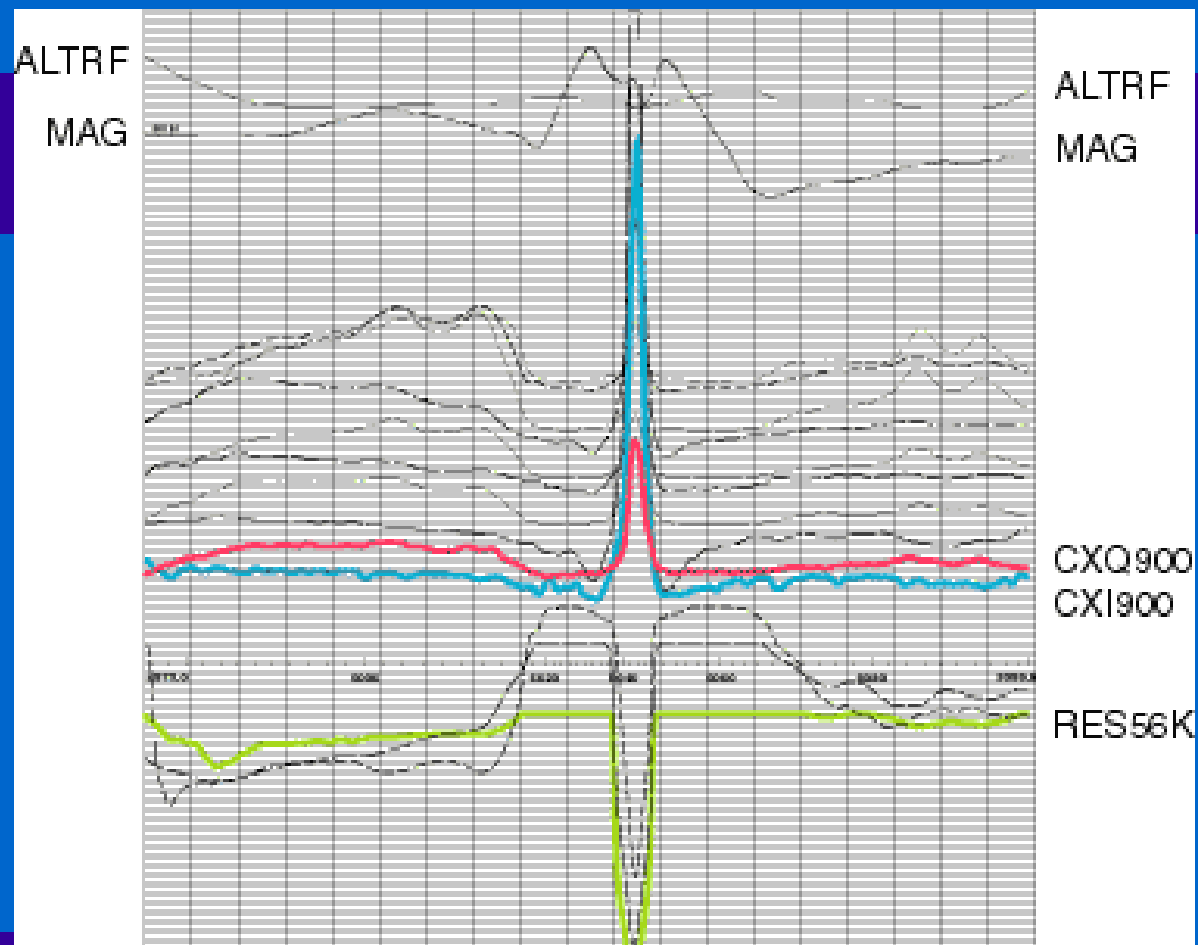
# Métodos eletromagnéticos

- Resistividade aparente- 900Hz - DIGHEM V
- Canadá – Ovoid Zone – depósito Pirrotita, pentlandita e calcopirita além de Cu-Ni-Co – L604900
- 
- 
- 



# Métodos eletromagnéticos

- Resistividade aparente- 900Hz - DIGHEM V
- Canadá – Ovoid Zone – depósito Pirrotita, pentlandita e calcopirita além de Cu-Ni-Co – L 603800
- 
- 
- 



# Métodos eletromagnéticos

- Aplicações e casos Históricos

