

Aula 00 - Prof. Renê Coutinho

*IBAMA (Analista Ambiental - Tema 1)
Infraestrutura e Gestão Ambiental (item
7) - Somente em PDF*

Autor:
**Fabiana Richter, Renê Coutinho
Souto**

31 de Agosto de 2024

Sumário

Geofísica	5
1 - Aspectos Introdutórios	5
2 - Levantamento Geofísico	9
2.1 - Tipos de Levantamentos Geofísicos.....	9
2.2 - Métodos de Aquisição.....	11
2.3 - Etapas do Levantamento Geofísico	13
3 - Levantamento Gravimétrico	17
3.1 - Aspectos Introdutórios.....	17
3.2 - Fundamentos do Método.....	17
3.3 - Medição da Gravidade.....	22
3.4 - Redução dos Valores de Gravidade	28
3.5 - Densidades das Rochas e Minerais	32
3.6 - Tratamento dos Dados	34
3.7 - Interpretação.....	37
4 - Levantamento Magnético	40
4.1 - Aspectos Introdutórios.....	40
4.2 - Fundamentos do Método.....	41
4.3 - Medição do Campo Magnético Terrestre	47
4.4 - Tratamento dos Dados	49
4.5 - Interpretação dos Resultados	52
5 - Levantamento Sísmico.....	55
5.1 - Ondas Sísmicas.....	56



5.2 - Levantamentos Sísmicos de Reflexão e de Refração	66
5.3 - Sísmica de Reflexão	70
5.4 - Sísmica de Refração.....	74
6 - Levantamento Elétrico.....	75
6.1 - Método de Resistividade.....	75
6.2 - Método de Polarização Induzida (IP).....	80
6.3 – Método de Potencial Espontâneo (SP)	82
7 - Métodos Eletromagnéticos.....	83
8 - GPR	89
9 - Levantamento Radiométrico	93
9.1 - Fundamentos do Método	93
9.2 - Radioatividade dos Minerais e Rochas	95
9.3 - Instrumentos para Medição de Radioatividade	96
QUESTÃO DISCURSIVA	99
Questões Comentadas	101
Lista de Questões.....	140
Gabarito.....	161
Resumo	162



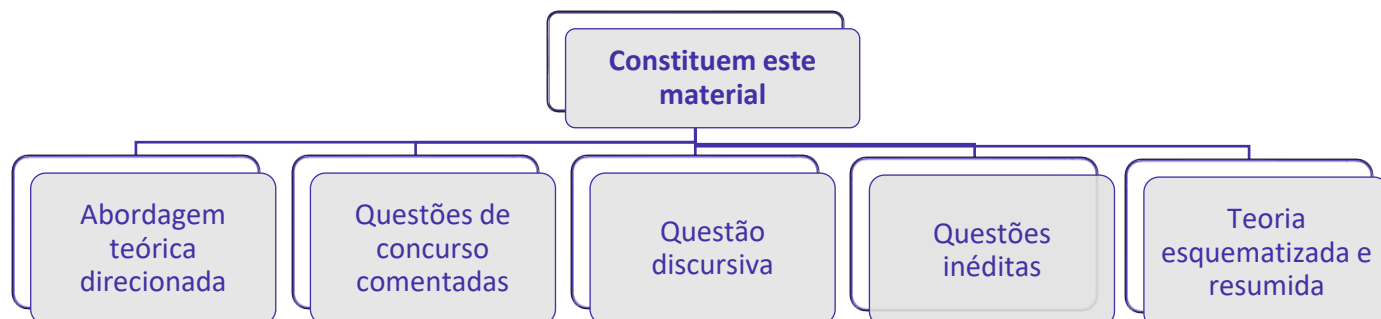
APRESENTAÇÃO DA AULA

Prezado futuro servidor público, seja muito bem-vindo à aula de **Geofísica**. Essa é uma disciplina com um conteúdo extenso, que abrange diversos conceitos de outras disciplinas.

Nesta aula, abordaremos sobre os métodos potenciais, que são a gravimetria e a magnetometria e os métodos sísmicos, elétricos, eletromagnético, GPR e radiométrico. A Geofísica é ministrada como disciplina no curso de geologia, mas também constitui, em algumas universidades, a graduação em si só. Por isso, pode-se imaginar a sua complexidade e grau de importância. Os métodos Geofísicos mais amplamente utilizados são 9. Cada um desses métodos é fundamentado em conceitos específicos da Física.

Além disso, as aplicações da Geofísica são inúmeras, incluindo, prospecção de petróleo e gás, prospecção mineral, engenharia, geotecnia, barragem, hidrogeologia e ambiental. A Geofísica, também, é muito empregada em investigações forenses. Por isso, se você está se preparando para trabalhar como perito, geotécnico, profissional da área ambiental ou em qualquer outra área relacionada à geologia, você, certamente, estará, de alguma forma, envolvido com a Geofísica. Por isso, investir no estudo desta aula te ajudará, não apenas a ser aprovado no seu concurso, mas também a estar bem-preparado para desempenhar a sua função como servidor público.

Este material é o melhor disponível, atualmente, sobre o tema quando se trata em preparação para concurso público. Tenha certeza de que você está munido com uma importante ferramenta para a sua preparação. Neste livro digital, você encontrará:



Dedique-se e conte comigo até a sua aprovação!




APRESENTAÇÃO PESSOAL

Meu nome é Renê Souto Coutinho! Sou graduado em Geologia pela Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), mestre em Geotecnia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e pós-graduado em Gestão da Qualidade.

Fui aprovado em primeiro lugar geral no concurso para Especialista em Recursos Minerais da Agência Nacional de Mineração (ANM) em 2022. Atualmente, ocupo o cargo no órgão. Antes de iniciar a trajetória nos concursos públicos, acumulei 3 anos de experiência prática na iniciativa privada na área de minha formação.

O meu objetivo, aqui, é tornar a sua aprovação um processo muito mais rápido e agradável. Deixo, abaixo, algumas formas que você possui de me contactar, diretamente, para ajudar naquilo que for preciso. Tenho muito prazer em te acompanhar nesta jornada tão importante. Chegaremos ao nosso destino.

Conte comigo!

 - rsc.geo.estrategia@gmail.com

 - [re nec_out](https://www.instagram.com/re nec_out)



GEOFÍSICA

1 - Aspectos Introdutórios

Vamos iniciar a nossa aula pelo **conceito** de Geofísica, abordando o **objetivo** de um levantamento geofísico suas **aplicações**, **vantagens** e **limitações**.

Para entender o conceito de Geofísica, vamos relembrar sobre o que é a **Geologia**. A Geologia é a ciência que estuda o **Planeta Terra**, incluindo os processos de **formação** e de **alteração** do planeta e os **materiais** que o **compõem**. Para realizar esse estudo, a Geologia recorre às **observações diretas** dos **minerais** e das **rochas aflorantes** (que estão expostos na superfície), ou de **amostras** dos materiais, que são **coletadas** em **profundidade**, por exemplo, utilizando furos de **sondagem**. A Geologia emprega **métodos diretos** na investigação do Planeta Terra.

Observe a imagem mostrada na Figura 1. Nesta imagem, é apresentado o Planeta Terra e as diversas camadas que compõem o seu interior. Como você imagina que tal **modelo** foi desenvolvido? Uma das formas que temos de investigar o interior do planeta é por meio dos materiais que são lançados para a superfície através do **Vulcanismo**. A outra forma é através da ciência que é objeto da nossa aula de hoje, a **Geofísica**.

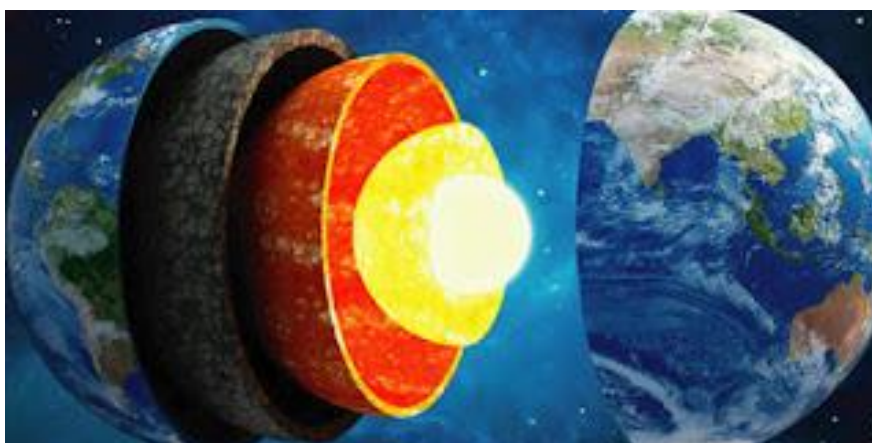


Figura 1 - Estrutura interna do Planeta Terra¹

A **Geofísica**, assim como a Geologia, tem como **objeto de estudo** o **Planeta Terra**. No entanto, as duas ciências se **diferem** quanto aos **métodos** empregados para essa observação. Enquanto a **Geologia** emprega **métodos diretos**, a Geofísica utiliza **métodos indiretos**. Assim como o nome sugere, a Geofísica consiste na aplicação de métodos baseados nas **propriedades físicas** dos materiais para o estudo da Terra. Essas propriedades físicas incluem a **resistividade** ou **condutividade elétrica**, a **densidade** e a **suscetibilidade**

¹ <https://aulaseexerciciosdegeografia.blogspot.com/2020/04/aula-camadas-da-terra.html> Acesso em outubro de 2023.



magnética. Cada uma das propriedades dos materiais é investigada através de um método específico, por meio de **equipamentos** sofisticados para a leitura dessas propriedades.

A **Geofísica** difere, essencialmente, de outros métodos de estudo da Terra porque ela "**olha dentro da Terra**". As **medidas** do alvo são realizadas de forma **remota**, a partir da **superfície** da **Terra**. Os métodos Geofísicos medem as diferenças nas propriedades físicas dos materiais em subsuperfície através dos **sinais** que são **emitidos** por eles em superfície. Esses sinais descrevem os materiais em subsuperfície em **termos físicos** e não em termos de composição química, minerais ou tamanho de grãos, como é feito na Geologia (métodos diretos).

Para ficar mais clara e objetiva essa definição, vamos esquematizar esses conceitos em um quadro.



Aspecto	Geologia	Geofísica
OBJETO DE ESTUDO	Planeta Terra	Planeta Terra
MÉTODO UTILIZADO	Método direto (observação de minerais e rochas)	Método indireto (medição das propriedades físicas)

Mas, professor, como esse conteúdo poderia aparecer na prova?

Veja, a seguir, como a banca pode tentar te confundir com esse conteúdo:



(Prof. Renê/Inédita - 2024) Acerca da geofísica, julgue o item a seguir:

A Geofísica, assim como a Geologia, tem como objeto de estudo o Planeta Terra e emprega métodos direto para a sua observação, analisando a composição química, física e mineralógica dos materiais que compõem o planeta.

Comentários:

A Geofísica, assim como a Geologia, tem como objeto de estudo o Planeta Terra. Enquanto a geologia emprega métodos diretos, a geofísica emprega métodos **indiretos**, que se baseiam nas propriedades físicas dos materiais. Assertiva **incorreta**.



Cuidado!

Não vá pensar que, por serem duas ciências que utilizam métodos distintos, a Geologia e a Geofísica são opostas e independentes. **Isso é um erro**. Ao invés disso, a Geologia e a Geofísica são **complementares**. Elas fornecem **visões diferentes** do mesmo objeto, e, ao integrar as informações obtidas pelos dois métodos, torna-se possível o desenvolvimento de um modelo que seja mais próximo da realidade.

OBJETIVOS DA GEOFÍSICA

O objetivo da aplicação dos métodos geofísicos é auxiliar no **entendimento da Terra**, daquilo que está abaixo dos nossos pés, e **contribuir com os métodos geológicos** no desenvolvimento de modelos que descrevem os materiais e os processos geológicos. O objetivo da geofísica pode ser descrito em três aspectos², que são:

OBJETIVOS DA GEOFÍSICA

- A geofísica pura (por exemplo, estudar como o campo magnético terrestre é produzido);
- A geofísica como uma ferramenta da geologia (por exemplo, na prospecção de minério);
- A geofísica aplicada na análise da Terra como um laboratório gigante (por exemplo, como quando a sua forma foi mostrada para apoiar a Lei da Gravidade de Newton).

A nossa aula está direcionada principalmente para o segundo aspecto, ou seja, a **geofísica como uma ferramenta** para auxiliar na compreensão dos elementos e processos geológicos. Isso, porque tem maior importância prática e, principalmente, porque é a forma que é cobrada nas provas de concurso público, que é o nosso foco.

A geofísica pode ser empregada para **conhecimento geológico** em diversas **escalas** e em diversas etapas de um projeto. A aplicação da geofísica na geologia inclui **mapeamento geológico** regional, **prospecção por petróleo** ou **minério**, engenharia civil e **geotecnia**, **arqueologia**, prospecção de **água subterrânea** e **detecção de poluição** dessas águas.

VANTAGENS DA GEOFÍSICA

Uma das grandes **vantagens** da aplicação da geofísica na geologia é a possibilidade de serem feitas **observações** sobre os materiais em **subsuperfície**, através de medidas realizadas, geralmente, na superfície. Pode-se considerar, que a geofísica permite adicionar uma análise na **terceira dimensão**, ou seja, em **profundidade**, o que, para os métodos geológicos tradicionais é limitado.

² MUSSETT A. E. and KHAN M. A. Looking Into The Earth, Na Introduction to Geological Geophysics, Cambridge University Press, New York, 2000



Os **métodos tradicionais** de geologia que permitem o **conhecimento** dos materiais em **subsuperfície** são a **sondagem** e a **perfuração** de **poços**. No entanto, apresentam-se relativamente **mais caros** além de fornecerem **informações pontuais**.

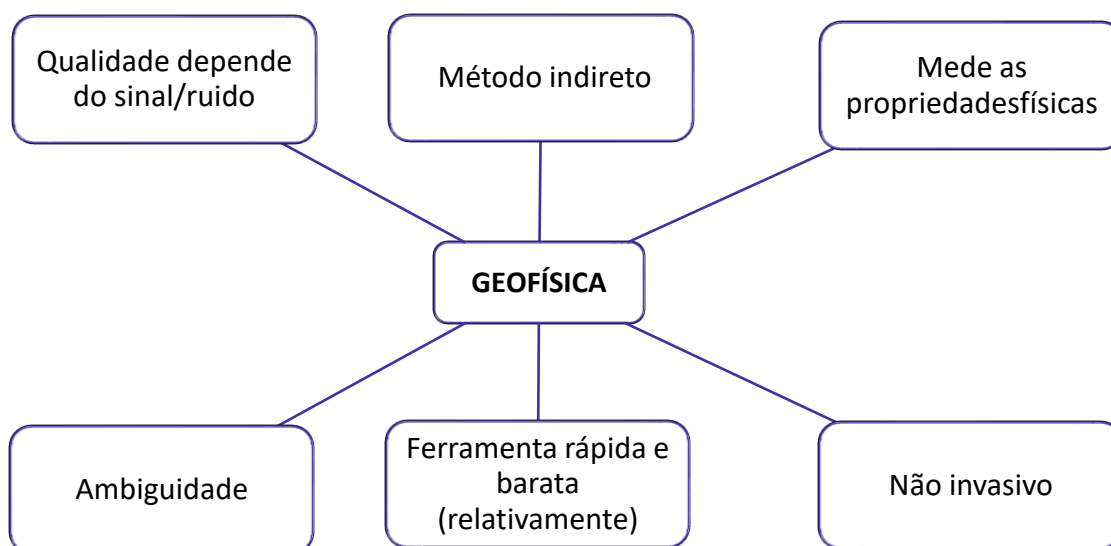
Outras **vantagens** da aplicação da geofísica incluem ser um método **rápido** e **barato**. Além disso, os métodos geofísicos são **não invasivos**, o que significa que as investigações geofísicas **não perturbam** o meio que está sendo investigado. Isso é importante, por exemplo, na investigação de barragens, que podem apresentar **limitações** quanto à **perfuração**.

LIMITAÇÕES DA GEOFÍSICA

Em que pese a geofísica apresente muitas vantagens, algumas limitações dos métodos geofísicos são listados a seguir:

- A maioria dos métodos fornecem **informações** apenas sobre o **presente**: Os métodos geofísicos fazem leitura da resposta dos materiais naquele momento, o que **não informa** sobre seu **histórico** ou **variações** no **tempo**. Exceções a esse aspecto são os métodos radiométrico e paleomagnético;
- Passíveis de **ambiguidades** e incertezas: A ambiguidade consiste no fato de que muitas **configurações geológicas distintas** podem apresentar as **mesmas medidas** observadas. A ambiguidade decorre do fato de serem métodos baseados em **problemas inversos**. Uma vez que **não há unicidade** nas conclusões que podem ser tiradas a partir de um levantamento geofísico, esses problemas apresentam uma ambiguidade inerente.
- A qualidade depende da relação **signal-ruído**: No levantamento geofísico, o **signal** são os efeitos das **feições de interesse**, e os **ruídos** são os efeitos **indesejáveis**. A **razão** sinal ruído **baixa** pode **limitar** a **aplicação** da Geofísica, pois os efeitos se mostrarão **indistinguíveis**. Os ruídos podem ser instrumentais, operacionais, do terreno ou parasitários.

No esquema abaixo são apresentadas as principais características da geofísica.



Mas, professor, como esse conteúdo poderia aparecer na prova?



Veja, a seguir, como a banca pode tentar te confundir com esse conteúdo:



(Prof. Renê/Inédita - 2024) Acerca da geofísica, julgue o item a seguir:

A Geofísica difere, essencialmente, de outros métodos de estudo da Terra porque realiza as medidas do alvo de forma remota, a partir da superfície da Terra e utiliza os sinais emitidos pelos materiais para descrever suas características químicas e mineralógica.

Comentários:

Os métodos geofísicos não utilizam os sinais emitidos pelos materiais para descrever suas características químicas e mineralógicas. Os métodos geofísicos se baseiam na identificação de materiais com anomalias (desvio) seja positiva ou negativa de um padrão de alguma propriedade física. Assertiva **incorreta**.

Agora que temos uma percepção geral sobre o que é a geofísica, incluindo sua importância, as aplicações, e as limitações, vamos adentrar mais profundamente sobre o levantamento geofísico, para abordarmos todos os tópicos que podem ser cobrados na sua prova.

2 - Levantamento Geofísico

Os **levantamentos geofísicos** ou a exploração geofísica parte do princípio de que cada tipo de **rocha** apresenta **propriedades distintas**, o que reflete em **variações** nos campos **físicos** e na propagação de ondas que atuam sobre elas. Dessa forma, ao se conhecer essas variações, torna-se possível realizar **inferências** sobre cada um desses **materiais** que apresentaram aquela determinada **resposta**.

Abordaremos, a seguir, os tipos e os métodos de levantamento geofísico. Quanto ao **tipo** ou formato, os levantamentos podem ser **terrestres**, **aéreos** ou **marinhos**. Quanto ao **método**, os principais incluem **gravimétricos**, **magnéticos**, **elétricos**, **eletromagnéticos**, de **radar** e **sísmicos**.

2.1 - Tipos de Levantamentos Geofísicos

Na **prospecção geofísica**, geralmente, é utilizado **mais** de **um método**, sendo utilizados de forma **combinada**. Esses métodos podem incluir diferentes **escalas** ou a leitura de **mais** de **uma propriedade física**. Além disso, essas propriedades podem ser observadas em **terra**, do **ar**, ou em **meio aquoso**, caracterizando, respectivamente, os levantamentos geofísicos **terrestres**, **aéreos** e **marinhos**.

2.1.1 - Levantamentos terrestres

Os levantamentos **terrestres** (Geofísica Terrestre) podem ser conduzidos sobre a **superfície** do terreno ou ao longo de **furos de sondagem**. O levantamento na superfície do terreno é **conduzido** por **um** ou **mais**



operador a pé ou com auxílio do **veículo**. São utilizados os **equipamentos de medição** (sensores ou receptores), de **registro dos dados** (registradores) e, quando é o caso, de **produção de campo físico** (transmissores). Não há limitação quanto à aplicação dos métodos geofísicos em levantamentos terrestres, assim, **todos os métodos podem ser utilizados**.

Os levantamentos realizados em **furos de sondagem** são denominados de **geofísica de poço ou perfilagem geofísica de furos de sondagem** (*well-logging*). Nesse caso, os **sensores** e **transmissores** (quando for o caso) são acoplados a uma ferramenta que se **desloca verticalmente** ao longo do furo, enquanto os demais equipamentos, como os **registradores**, permanecem na **superfície do terreno**. Durante a passagem pelo furo, podem ser realizadas medidas de mais de uma propriedade física.

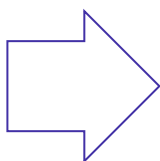
2.1.2 - Levantamentos aéreos

Os **levantamentos aéreos** (levantamentos aerotransportados, aerolevantamentos, aerogeofísica ou geofísica aérea) são aqueles realizados com a utilização de **aviões, helicópteros** e/ou **drones, satélites** artificiais e **aeronaves** de altas altitudes. Os **registradores** permanecem dentro da **aeronave**, e os **sensores** e **transmissores** (quando for o caso) podem ser **acoplados** a um reboque (pássaro ou *bird*) da aeronave, para **minimizar** os **efeitos** da aeronave durante o levantamento.

Esses levantamentos são caracterizados pelo **baixo custo** e maior **rapidez** na obtenção dos resultados, podendo ser empregado mais de um método na mesma passagem da aeronave. Nesse tipo de levantamento **não pode ser empregados** todos os métodos, como é o caso dos métodos **elétricos, sísmicos** e **térmicos**. A limitação se deve ao fato do **ar não ser** um bom **condutor** de todas as formas de energia (como a elétrica, a sísmica e a térmica). Por outro lado, nesse tipo de levantamento, **podem ser investigados** a radiação **eletromagnética** e os campos **magnéticos** e **gravitacional**.



NÃO SÃO USADOS NA AEROGEOFÍSICA



Métodos **Elétricos, Sísmicos** e **Térmicos**

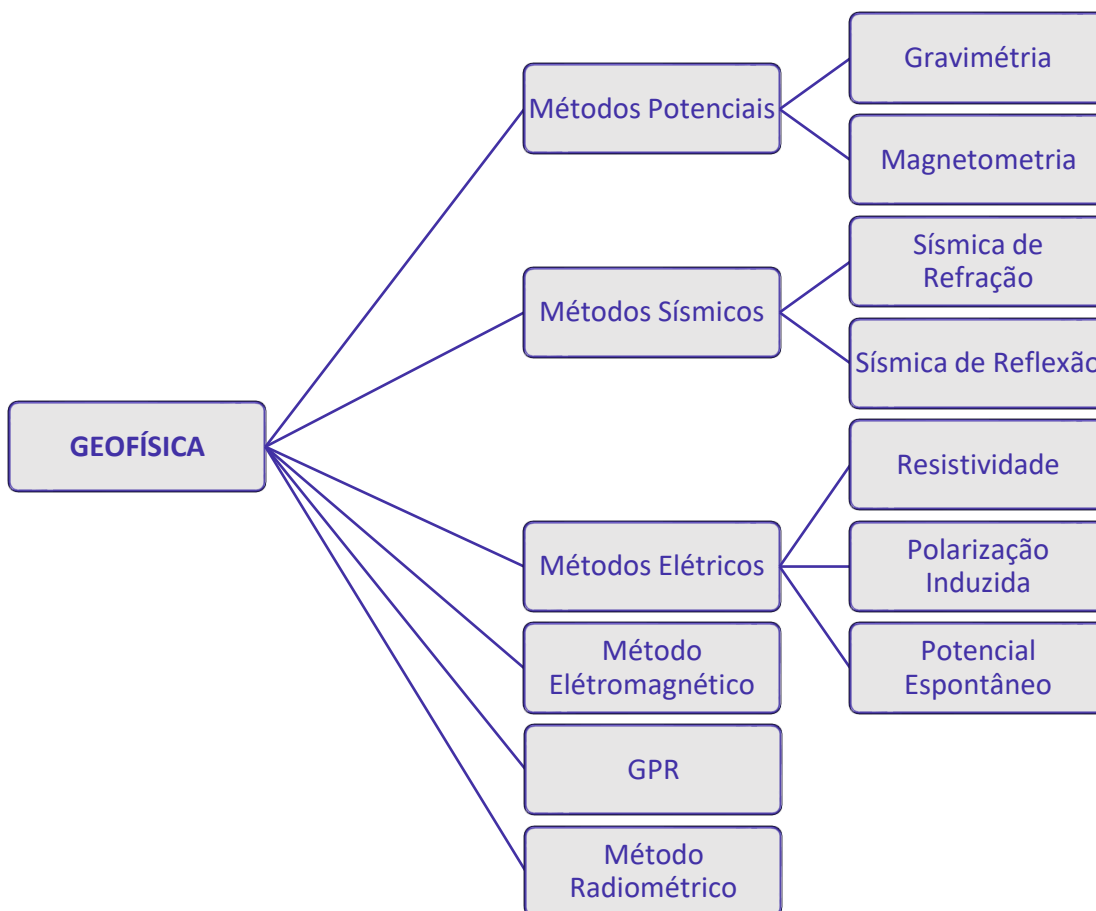
2.1.3 - Levantamentos marinhos

Os **levantamentos marinhos** (Geofísica Marinha) são os conduzidos no **mar**, em **rios**, em **lagos** ou em **barragens**. Nesse tipo de levantamento, são utilizadas **embarcações** de diferentes dimensões, nas quais são acoplados **reboques** (conhecidos como peixes ou *fish*). No reboque, são acondicionados os **sensores** e os **transmissores** (quando for o caso) e pode ser mantido nas imediações da **superfície** ou no **fundo** do meio **aquoso**. Já os **registradores**, permanecem na **embarcação**. Assim como nos levantamentos terrestres, **todos os métodos geofísicos podem ser utilizados**.



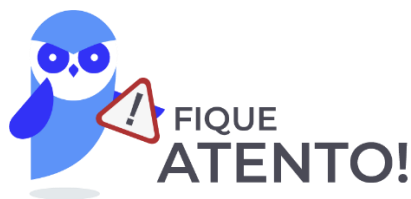
2.2 - Métodos de Aquisição

Os métodos de levantamento geofísico podem ser divididos em métodos de **fontes naturais** (ou potenciais) e os métodos de **fontes artificiais**. Os métodos de fontes naturais são aqueles que fazem uso dos **campos naturais da Terra**, ou seja, utilizam os **campos gravitacional, magnético, elétrico e eletromagnético** da Terra. Esses métodos podem fornecer informações sobre os materiais em **profundidades** relativamente **grandes** e a **realização** é mais **simples** que os métodos artificiais. Os métodos de **fontes artificiais** são aqueles que envolvem a **aplicação**, na superfície do terreno, **de energia** gerada **artificialmente**. Os métodos de fontes artificiais requerem a **geração** de campos **elétricos** e **eletromagnéticos** locais ou a geração de **ondas sísmicas**. Esses métodos fornecem **informações** mais **detalhadas** dos materiais em subsuperfície em comparação com os métodos de fontes naturais.



Os métodos de aquisição geofísica, ou métodos de levantamento geofísico, baseiam-se na identificação de **perturbações** ou **anomalias** localizadas, sejam os métodos naturais ou artificiais. Para cada método há uma **propriedade física**, a qual determina o seu **campo de aplicações**. Os métodos geofísicos são o método **sísmico**, o método **gravitacional**, o método **magnético**, os métodos **elétricos** (resistividade, polarização Induzida, potencial espontâneo), o método **eletromagnético** e o método **radiométrico**. O parâmetro medido na aplicação de cada método e as propriedades físicas operativas são sintetizadas no quadro 1.





Quadro 1 - Parâmetros medidos e propriedades físicas operativas dos principais métodos geofísicos³

Método	Parâmetro medido	Propriedades físicas operativas	
SÍSMICO	Tempos de percurso de ondas sísmicas refletidas/refratadas	Densidade e módulos elásticos, os quais determinam a velocidade de propagação de ondas sísmicas.	
GRAVITACIONAL	Variações espaciais da força do campo gravitacional da Terra	Densidade	
MAGNÉTICO	Variações espaciais da força do campo geomagnético	Suscetibilidade magnética e remanência	
Elétrico	RESISTIVIDADE	Resistência da Terra	Condutividade elétrica
	POLARIZAÇÃO INDUZIDA	Voltagens de polarização ou resistência do solo dependente da frequência	Capacitância elétrica
	POTENCIAL ESPONTÂNEO	Potenciais elétricos	Condutividade elétrica
ELETROMAGNÉTICO	Resposta às radiações eletromagnéticas	Condutividade e indutância elétricas	
RADAR	Tempos de percurso de pulsos de radar refletidos	Constante dielétrica	

Mas, professor, como esse conteúdo poderia aparecer na prova?

Veja, a seguir, como a banca pode tentar te confundir com esse conteúdo:



(Prof. Renê/Inédita - 2024) Acerca da geofísica, julgue o item a seguir:

Os levantamentos aerotransportados são caracterizados pelo baixo custo e maior rapidez na obtenção dos resultados, o que possibilita a obtenção dos parâmetros de densidade e da velocidade das ondas sísmicas das rochas de forma muito mais rápida que nos levantamentos terrestres.

³ KEAREY P. BROOKS M. HILL I. Geofísica de exploração – São Paulo, Oficina de Textos, 2009



Comentários:

Os levantamentos aerotransportados são caracterizados pelo baixo custo e maior rapidez na obtenção dos resultados. No entanto esse formato de investigação encontra-se limitação nos métodos que podem ser aplicados. Os métodos elétricos e sísmicos não são aplicáveis em aerolevantamento. Por isso, não é possível obter informações sobre a velocidade das ondas sísmicas das rochas nesse formato de levantamento geofísico. Assertiva **incorreta**.

2.3 - Etapas do Levantamento Geofísico

O **levantamento geofísico** compreende uma série de **procedimentos** que vão desde a determinação do **objetivo** da **pesquisa** até a obtenção do **produto**. De forma geral, essas etapas envolvem os estudos geofísicos **preliminares**, a **preparação** da **área** e da **estratégia** de **medição**, as **medidas** de **campo**, a **apresentação** dos **dados**, o **tratamento** dos **dados** e a **interpretação** dos **resultados**. A seguir é apresentada uma síntese dos principais pontos acerca dessas etapas.

2.3.1 - Estudos geofísicos preliminares

Os estudos preliminares consistem na busca e na análise de **informações disponíveis** para **seleção** dos **métodos** geofísicos a ser aplicados na área de estudo e do **modo de aplicação** desses métodos. Os aspectos ou problemas estudados incluem **caracterização geológico-geofísico** do alvo, **propriedades físicas** dos materiais, a **razão sinal/ruído** e as **condições operacionais**.

2.3.2 - Preparação da área e da estratégia de medição

A etapa de **preparação** da **área** e da **estratégia** de medição é importante para que se determine as **posições** de **medida** de **campo**. O **posicionamento** dos perfis depende do **método** geofísico a ser utilizado, da **direção**, das **dimensões** e da **profundidade** esperada para as feições sob investigação e do **objetivo** do levantamento (detecção ou delimitação das feições). Nesta etapa é definido o **tipo de levantamento** (aéreo, marinho, terrestre) e o sistema de posicionamento.

2.3.3 - Medidas de campo

As medidas de campo podem ser realizadas no **domínio do espaço** (quando feitas em termos das variações com a distância), no **domínio do tempo** (quando feitas em termos de variações temporais) ou no **domínio da frequência** (quando envolve a variação na frequência da onda que energiza o terreno. As medidas podem também ser classificadas com **discretas** (quando realizadas em pontos ou tempos pré-definidos) ou **contínuas** (quando realizadas continuamente ao longo de todo um conjunto de perfis ou intervalo de tempo). As **medidas** como **coletadas** em **campo** são denominadas **brutas** e quando são submetidas a alguma operação de **tratamento** são denominados dados **reduzidos**.

2.3.4 - Apresentação dos dados

A **apresentação** dos dados **depende** do **método** geofísico aplicado. No entanto, de forma geral, essa apresentação é realizada sob a forma de **perfis** e **mapas**. Além dos perfis e mapas, os dados podem ser apresentados em **bloco diagrama** ou em **três dimensões**. Nos **perfis**, as medidas são apresentadas em função

13

174



das **posições** em que foram obtidas e uma **curva** suave ou **linhas** retas **ligam** cada **valor** medido (eixo das ordenadas). Um **mapa de perfis** rebatidos é obtido com a reunião dos perfis, em que a distância entre eles obedece à distância estabelecida para as abscissas.

Para a apresentação das medidas em **mapas de contorno** de isovalores (ou apenas mapas de contorno), os valores medidos nas estações são colocados sobre os **pontos** que representam as suas **posições**. Com isso, faz-se a união das posições em que a medida apresenta um **mesmo valor**, as quais são interpoladas, por meio de curvas, a partir das posições de medidas, sendo essas curvas semelhantes às curvas de nível (igual elevação).

2.3.5 - Tratamento dos dados

O **tratamento**, **redução** ou **processamento** dos **dados** é realizado com o objetivo de torná-los mais **apropriados para a interpretação**. Nessa etapa, as medidas de campo representam os dados de **entrada** (*input*) e o **resultado** do **processamento** é os dados de **saída** (*output*). As operações de tratamento incluem a **discretização**, **transformação de domínio**, e a **correção filtragem e empilhamento**.

A **discretização** consiste na **conversão** das medidas registradas analogicamente para a **forma digital**. O processo de discretização é realizado através das operações **amostragem** e **quantificação**. A **amostragem** se refere à **determinação das distâncias** ou **tempos**, em que a informação contínua deve ser observada, enquanto a **quantificação** é a **conversão das intensidades** da informação contínua **em números**. A **transformação de domínio** consiste na passagem de um domínio (do tempo e da frequência, do espaço e da frequência espacial), o que é realizada através de um par de transformadas de Fourier.

As operações de **correção**, **filtragem** e **empilhamento** são realizadas para **eliminar** ou **reduzir** os efeitos dos **ruídos** nos dados, fazendo **modificações seletivas**. Após a eliminação dos efeitos indesejáveis, obtém-se o efeito residual ou **resíduo**. Essa filtragem pode ser realizada de forma **gráfica** ou de forma **numérica**. Através do processo de **filtragem**, objetiva-se separar os efeitos provocados pelas **profundidades intermediárias**, associadas a frequências intermediárias, das demais (feições rasas e profundas).

As **feições rasas**, caracterizadas por **frequências altas**, geralmente estão associadas às variações na espessura do manto do intemperismo, compactação diferencial e pequenas heterogeneidades superficiais. Por outro lado, as **feições profundas**, **frequências baixas**, estão associadas às feições geológicas **regionais**. As profundidades **intermediárias**, geralmente, representam os **interesses** procurados na **prospecção mineral**, já na prospecção de **petróleo**, o interesse são feições geológicas **regionais**, que caracterizam feições maiores e mais profundas, portanto, nesse caso, mantém-se apenas as **frequências mais baixas**, caracterizando o que se denomina como **regional**.

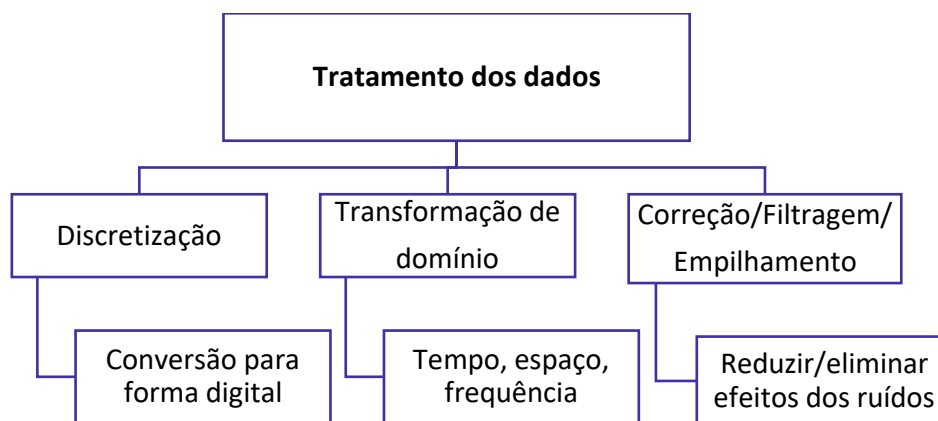
Os filtros podem ser classificados de acordo com o tipo de frequência de interesse. O filtro **passa baixa** é aquele que **elimina as frequências altas**, enquanto o filtro que **elimina as frequências baixas** é denominado de **passa alta**. O filtro **passa faixa** é aquele usado quando o **interesse** recai em **faixas específicas** de frequências, e o filtro **rejeita faixa** é aquele usado quando o objetivo é **eliminar** uma faixa específica de frequência.

Um conceito importante é o de **Teorema da Convolução**, de acordo com o qual, a operação de convolução entre duas funções no **domínio do tempo** (espaço) corresponde à **operação de multiplicação** dessas funções



no **domínio da frequência** (frequência espacial) e que a convolução no domínio da frequência corresponde à multiplicação no domínio do tempo.

Quando a **razão sinal/ruído é baixa**, a **filtragem** pode **não** ser capaz de **distinguir** um sinal de um ruído de mesma frequência. Nesse caso, a distinção é realizada pela técnica de **empilhamento**, que consiste na combinação de resultados de experimentos repetidos.



2.3.6 - Interpretação dos resultados

A **interpretação geofísica** consiste no procedimento de obtenção de **informações geológicas** a respeito dos materiais em subsuperfície, a partir das medidas geofísicas. Dois conceitos de fundamental importância na etapa de interpretação dos resultados são os conceitos de **anomalia** e de **modelo**.

Uma **anomalia** se refere ao **desvio significativo** do efeito padrão esperado, ou seja, representa uma **descontinuidade** nas propriedades físicas causadas pelas feições de interesse. Essas anomalias podem ser **positivas**, **negativas** ou do tipo **cruzamento** (*crossover*). As anomalias **positivas** ocorrem quando os valores são **altos** e as **negativas**, quando os valores são **baixos**. A anomalia do tipo **crossover** é caracterizada por um **alto anômalo** (pico máximo) **vizinho** a um **baixo anômalo** (pico mínimo). As representações de anomalia positiva, anomalia negativa e *crossover* podem ser verificadas na Figura 2.

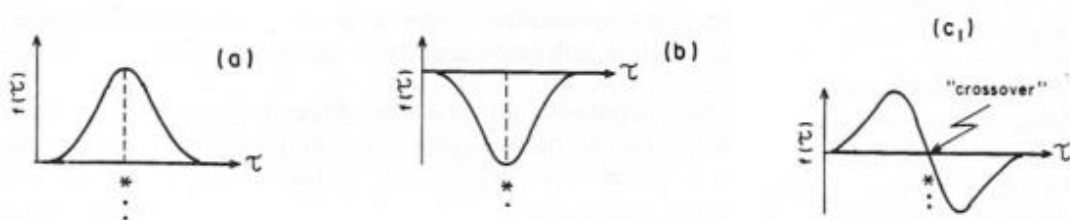


Figura 2 - Representação das anomalias positiva (a), negativa (b) e crossover (c). Fonte LUIZ e SILVA⁴

Durante a interpretação dos resultados, para a **representação** do **fenômeno** observado em subsuperfície, geralmente, são utilizados **modelos**. Modelos podem, portanto, ser definidos como a representação

⁴ LUIZ J. G. e SILVA L. M. C. Geofísica de Prospecção Belém, Universidade Federal do Pará, Cejup, 1995



simplificada da realidade. Essas representações incluem modelos **geológicos**, modelos **físicos** e modelos **matemáticos**.

Modelos geológicos consistem na descrição das **rochas** e **estruturas** analisadas, incluindo suas **relações** no **espaço** e no **tempo**, a partir das observações de campo. Sua representação pode ser feita na forma de **seções**, **blocos diagramas** e **mapas geológicos**. Esses conceitos são detalhados na aula específica do tema e compõem. Modelos geológicos são predominantemente **qualitativos e semiquantitativos** e raramente quantitativos.

Os **modelos físicos**, por outro lado, representam as **descontinuidades físicas** do meio, as quais são inferidas a partir do modelo geológico e das medidas realizadas no campo e em laboratório. Assim como os modelos geológicos, os modelos físicos, geralmente, são **qualitativos e semiquantitativos** e, raramente, quantitativos. Já os **modelos matemáticos** são representados por **equações** e contém variáveis dependentes e independentes, bem como parâmetros conhecidos e desconhecidos.

Os modelos podem, ainda, ser classificados quanto ao **número** de **direções** que a **propriedade física** de interesse **varia**. Os **modelos 1D** são caracterizados pela variação da propriedade física em uma só direção (geralmente a profundidade). Nos **modelos 2D**, a propriedade física se mantém constante ao longo de uma direção espacial. Já o **modelo 3D** é caracterizado pela variação da propriedade física em qualquer direção.

Ressalta-se que toda **interpretação** apresenta um certo grau de **subjetividade** e **incerteza**, sendo que a **aderência** entre o parâmetro real e o interpretado **depende** em larga escala da **experiência** do intérprete. A redução da subjetividade é conseguida com a integração de **diferentes informações** acerca daquele mesmo material.

Mas, professor, como esse conteúdo poderia aparecer na prova?

Veja, a seguir, como a banca pode tentar te confundir com esse conteúdo:



(Prof. Renê/Inédita - 2024) Acerca da geofísica, julgue o item a seguir:

Os dados geofísicos podem ser apresentados sob a forma de perfis e mapas, sendo que, nos mapas de isovalores, as medidas são apresentadas em função das posições em que foram obtidas e uma curva suave ou linhas retas ligam cada valor medido.

Comentários:

A assertiva inverteu o conceito de mapa de isovalores e de perfil. Nos mapas de contorno de isovalores (ou apenas mapas de contorno) os valores medidos nas estações são colocados sobre os pontos que representam as suas posições. Com isso, faz-se a união das posições em que a medida apresenta um mesmo valor, as quais são interpoladas, por meio de curvas, a partir das posições de medidas, sendo essas curvas



semelhantes às curvas de nível (igual elevação). Nos perfis, as medidas são apresentadas em função das posições em que foram obtidas e uma curva suave ou linhas retas ligam cada valor medido (eixo das ordenadas). Um mapa de perfis rebatidos é obtido com a reunião dos perfis, em que a distância entre eles obedece à mesma estabelecida para as abscissas. Assertiva **incorreta**.

3 - Levantamento Gravimétrico

3.1 - Aspectos Introdutórios

O Levantamento Gravimétrico ou Gravimetria consiste no estudo das perturbações locais do **campo gravitacional terrestre**. Essas perturbações ou anomalias estão relacionadas com a distribuição de **massas** no subsolo ou com a presença de rochas de diferentes **densidades**. Através do método Gravimétrico mede-se a **atração** que o material em subsuperfície exerce sobre uma massa de prova localizada no instrumento de medidas, sendo a atração registrada em termos de **aceleração**.

Os tipos de levantamentos gravimétricos são levantamentos **terrestres**, incluindo em poços, levantamentos **marinhos** e, com menor frequência, levantamentos **aéreos**. O método da Gravimetria pode ser utilizado para identificação de estruturas armazenadoras de **petróleo** e **gás** e de depósitos de **minerais** economicamente importantes (como cromita, ferro e sulfetos de cobre).



3.2 - Fundamentos do Método

Para uma melhor compreensão do método de gravimetria, vamos relembrar alguns **conceitos** da **Física**, que **fundamentam** a aplicação do método. Esses fundamentos incluem a **Lei de Newton da Atração Gravitacional**, o **Campo Gravitacional Terrestre e Potencial Gravitacional**,

3.2.1 - Lei de Newton da Atração Gravitacional

A **Lei da Atração Gravitacional** é uma das leis que fundamentam a aplicação do método gravimétrico, uma vez que o método mede a **atração** que as **massas** da subsuperfície exercem sobre uma **massa** localizada no **instrumento medidor**. De acordo com a Lei da Atração Gravitacional, **duas partículas** de **massa** m_1 e m_2 , separadas pela **distância** r , encontram-se submetidas às **forças de atração** (F) com intensidade igual a:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$



Em que G é a **constante de gravitação** que tem o valor igual a $6,67 \times 10^{-8}$ dina.cm²/g² no sistema cgs. Pela segunda Lei de Newton, tem-se que a força é o produto da massa pela aceleração, então, a **aceleração** com que as massas m_1 e m_2 se **atraem** é dada por:

$$a_2 = \frac{F}{m_2} = G \frac{m_1}{r^2}$$

Essa equação é aplicável apenas às partículas de **massas pontuais**, ou seja, quando as **dimensões** das partículas são muito **inferiores** à **distância** entre elas. Para satisfazer a essa condição, considera-se que os corpos que apresentam **grandes dimensões** (massa m) são **divididos** em elementos de dimensões infinitesimais (massa dm e volume dv) e que os efeitos de cada elemento são somados. A **soma** do **efeito** de cada elemento, considerando todo o volume, é dada através de uma **integral**, sendo a aceleração, nesse caso, representada por:

$$a = G \int_v \frac{dm}{r^2} = G \int_v \frac{\rho dv}{r^2}$$

Vamos agora estudar como se comporta a Gravidade e o Campo Gravitacional Terrestre e como ocorre essa atração entre os materiais na superfície da Terra e a Terra.

3.2.2 - Gravidade e Campo Gravitacional Terrestre

Sabe-se que a Terra não é perfeitamente esférica e que não é homogênea. No entanto, por questão de simplificação, vamos considerar que a **massa** da **Terra** esteja **concentrada** no seu **centro**. Dessa forma, um corpo que esteja na proximidade da superfície terrestre será atraído com uma aceleração

$$a = \frac{GM}{R^2}$$

Em que M é a massa da Terra, igual a $5,983 \times 10^{27}$ g, e R a distância entre o centro de massa do corpo que está sendo atraído e o centro da Terra, sendo que, para a situação em que o corpo está na superfície da Terra, o valor de R é igual ao raio da Terra. No entanto, **o valor de R não é fixo**, sendo que o **raio polar** é **menor** que o **raio equatorial**. O que decorre do fato da Terra não ser uma esfera perfeita. Dessa forma, a **força** e a **aceleração** exercidas sobre um corpo na superfície da Terra **umentam** a **partir** do **equador** em direção aos **polos**.



A variação da aceleração devido à variação do raio é de cerca de **1,6** cm/s².

A força de atração e a aceleração são vetores que definem campos e são orientados para o **centro da Terra**. Além disso, outra força atuante na Terra é a **força centrífuga**, que ocorre devido ao **movimento de rotação**,



e depende do **raio de rotação** (l) e da **velocidade angular** (w), sendo a aceleração decorrente dessa força representada por:

$$a_c = w^2 l$$

A Figura 3 representa as acelerações atuantes em um corpo situado na superfície da Terra, sendo elas, a **aceleração de atração** e a **aceleração centrífuga**. Quanto à **orientação**, a **aceleração de atração** é orientada para o **centro da Terra** e a aceleração **centrífuga** tem uma componente com o **sentido contrário**. A resultante dessas duas acelerações é a **gravidade**, orientada para o **centro da Terra**, uma vez que a aceleração de atração é muito maior que a aceleração centrífuga.

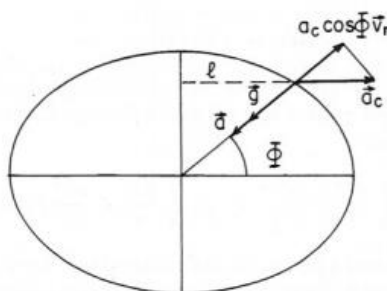


Figura 3 - Representação das acelerações atuantes na Terra. Aceleração centrífuga (a_c), aceleração de atração (a) e aceleração da gravidade (g), sendo ϕ a latitude e l o raio de rotação. Fonte LUIZ e SILVA⁵

Como discutido anteriormente, a **aplicação** do **conceito** da **Lei de Atração Gravitacional** aos corpos de grandes dimensões envolve a **divisão** da sua **massa** total em pequenos elementos e a integração do efeito de cada elemento. Então, a **intensidade** da **gravidade** (g) que atua em um corpo na **superfície** da **Terra** é dada pela seguinte integral

$$g = G \int_v \frac{dM}{r^2} - w^2 l \cos \phi$$

O valor do **raio de rotação** (l) é **máximo no Equador** e igual a **zero nos polos**. Dessa forma, o valor da **aceleração centrífuga** é **máximo** ($3,4 \text{ cm/s}^2$) no Equador e igual a zero nos Polos.



ACORDE!

A aceleração **centrífuga** e a aceleração da **atração variam com a latitude**, e essas variações são responsáveis pela mudança no valor da **gravidade**.

⁵ LUIZ J. G. e SILVA L. M. C. Geofísica de Prospecção Belém, Universidade Federal do Pará, Cejup, 1995



O **Sol** e a **Lua** também exercem atrações nos objetos, o que contribui para a **alteração no valor da gravidade** terrestre. O valor da perturbação causada pelo Sol e pela Lua, na gravidade, é de cerca de $0,00008 \text{ cm/s}^2$ e $0,00016 \text{ cm/s}^2$, respectivamente. Essas perturbações são **pequenas**, além de serem **periódicas** e são as responsáveis pelo fenômeno das **marés oceânicas** e **marés elásticas** da crosta terrestre.

3.2.3 - Unidades de gravidade

A **gravidade** é uma medida de **aceleração**. O conceito de aceleração é visto em física, mas vamos agora lembrá-lo para que possamos avançar no conteúdo sem dúvidas.



A aceleração de um corpo representa a **variação da velocidade** (ΔV) em determinado intervalo de tempo (Δt).

Considere um corpo que se movimenta com uma velocidade inicial (V_i) no tempo (t_i) e passa a se movimentar com uma velocidade (V_f) no tempo (t_f). A sua aceleração (a) nesse intervalo de tempo pode ser calculada através da equação:

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_f - V_i}{t_f - t_i}$$

Voltando um pouco mais, você se lembra que a velocidade é dada pela **variação da distância** no tempo? É isso, então temos o seguinte:

$$V = \frac{\text{Distância}}{\text{tempo}}$$

Vamos às unidades. No SI:

$$V = m/s$$

Para a aceleração, pensamos assim: a aceleração é a variação da velocidade a cada tempo, ou seja, a variação do valor em m/s a cada s . Isso é equivalente a pensar: quanto a velocidade varia a cada segundo? Logo a unidade de medida da aceleração é obtida assim:

$$a = \frac{\frac{m}{s}}{s} = m/s^2$$

Lembrou? Beleza, agora vamos ao que interessa.



O valor médio da **gravidade** na superfície da Terra é aproximadamente **9,8m/s²**. Observe que é um valor médio, justamente porque ele **varia**, como discutimos nos tópicos anteriores. As variações da gravidade devidas às diferentes **densidades** dos materiais em subsuperfície são muito pequenas em comparação com esse valor médio, atingindo a ordem de 100µm/s². Por isso, introduziu-se a **unidade gravimétrica** (do inglês *gravit unit* - gu) que é usada para descrever a unidade micrômetro por segundo por segundo (µm/s²).

No sistema centímetro-grama-segundo (cgs) utiliza-se para a gravidade o **miligal**, que equivale a **10gu.**, sendo que 1 mgal = 10gu = 10⁻³ gal= 10⁻³ cm/s².



$$1 \text{ mgal} = 10\text{gu} = 10^{-3} \text{ gal} = 10^{-3} \text{ cm/s}^2$$

Mencionaremos, a seguir, quando abordaremos sobre a medição da Gravidade, sobre a precisão das medidas realizadas nos levantamentos gravimétricos, mas, de forma geral, nos levantamentos em **terra**, atinge-se precisões de **± 0,1 gu**, enquanto no **mar** essa precisão é de **± 10 gu**. No levantamento **aéreo** essa precisão é ainda menor, cerca de **± 10mgal**. Por isso, os métodos aerogravimétrico nem sempre são viáveis, a depender do propósito do levantamento geofísico.

Mas, professor, como esse conteúdo poderia aparecer na prova?

Veja, a seguir, como a banca pode tentar te confundir com esse conteúdo:



(Prof. Renê/Inédita - 2024) Acerca da geofísica, julgue o item a seguir:

A precisão obtida nos levantamentos gravimétricos independe se o levantamento é realizado de forma terrestre, marítima ou aérea, pois, tal aspecto está relacionado com o tipo de equipamento e as suas características.

Comentários:

Nos levantamentos em terra, atinge-se precisões de **± 0,1 gu**, enquanto no mar essa precisão é de **± 10 gu**. No levantamento aéreo essa precisão é ainda menor, cerca de **± 10mgal**. A precisão obtida nos levantamentos não está relacionada apenas ao tipo de equipamento, mas, também ao formato do levantamento, terrestre, aéreo, marítimo. Assertiva **incorreta**.



3.3 - Medição da Gravidade

Conforme discutimos anteriormente, a gravidade é um tipo de **aceleração**. Dessa forma, podemos determinar o seu valor a partir da determinação da **distância** e do **tempo**. De forma geral, a medição da gravidade pode ser realizada com base em três princípios, que são: a **oscilação de pêndulos**, a **queda livre** de um corpo e a **balança de mola**.

Os valores da gravidade podem ser medidos de forma absoluta ou relativa. A medição **absoluta** pode ser feita com o uso de **pêndulos** ou técnicas de **quedas de corpos**. No entanto, esses instrumentos são **volumosos**, **caros** e suas leituras **lentas**. Além disso, as técnicas de medidas **absolutas não possuem** a **sensibilidade** necessária para prospectar corpos de minério (devem ser capazes de detectar variações da ordem de 0,1mGal). De forma contrária, ao se realizar medidas **relativas**, tal sensibilidade pode ser obtida.

As medidas **relativas** podem ser realizadas com base nos princípios da **balança de mola** e da oscilação de **pêndulos**. A medição dos valores relativos da gravidade é mais **simples** e consiste na metodologia empregada nos **levantamentos gravimétricos**. Os valores relativos de gravidade são obtidos a partir da **diferença de gravidade** entre dois locais. Esses instrumentos capazes de realizar as medições gravimétricas são conhecidos como **gravímetros**.

Os **gravímetros** apropriados para levantamentos **terrestres** devem ser capazes de registrar uma mudança de cerca de **1:10⁸** no comprimento inicial da mola (δs). O aumento na **sensibilidade** do gravímetro pode ser obtido com o aumento da **razão m/k**, ou seja, ao se utilizar uma grande massa e uma mola fraca. No entanto, isso faria que o próprio instrumento não se suportasse.

O valor da **gravidade** é pouco influenciado pelos materiais da crosta (**0,3% g**), sendo mais fortemente influenciado pelo **manto** e pelo **núcleo** (que possuem maior densidade). Os levantamentos geofísicos, geralmente, envolvem a pesquisa de uma **profundidade** de cerca de **5 km** da crosta, o que corresponde a uma contribuição de aproximadamente 0,05%. Nessa faixa da **crosta**, as variações de densidade das rochas são responsáveis por flutuações inferiores a **0,01%** do valor normal de g (100mGal).

Com relação às **estruturas** e aos **corpos geológicos**, as variações nos valores de **g** são da ordem de **0,001%**. Na prospecção do **petróleo**, as anomalias situam-se na faixa de **10mGal** e nos **corpos de minério** essas anomalias raramente são superiores a **5mGal**. Por isso, os **gravímetros** devem ter **sensibilidade** de pelo menos **0,1 mGal⁶**.

O cálculo da **Gravidade** é realizado, em função da **latitude** (ϕ), a partir do **Teorema de Clairaut**, definido como

$$g = g_e(1 + \alpha \sin^2 \Phi - \beta \sin^2 2\Phi)$$

Em que g_e é uma constante que representa a gravidade no equador geográfico e α e β são constantes que dependem do achatamento polar e da aceleração centrífuga terrestre.

⁶ LUIZ J. G. e SILVA L. M. C. Geofísica de Prospecção Belém, Universidade Federal do Pará, Cejup, 1995



A partir de determinações mais precisas do valor da gravidade e da forma da Terra, a União Internacional de Geodésia e Gravimetria passou a adotar, para o cálculo da gravidade, a fórmula denominada de GRS-67 (*Geodetic Reference System-1967*), que consiste em:

$$g = 978,031846(1 + 0,005278895\text{sen}^2\Phi + 0,000023462\text{sen}^4\Phi)$$

3.3.1 - Oscilação de pêndulos

A Figura 4 apresenta um **pêndulo simples**, que possui um **comprimento L** e uma **massa m** e descreve um movimento de máxima **deflexão** com um ângulo α . Para pequenos valores de α , o valor absoluto da gravidade pode ser obtido através da determinação do período T, conforme indicado na expressão

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

A **precisão** requerida nos levantamentos de prospecção é em torno de **0,1mGal**. Para obter tal precisão, o comprimento de um pêndulo de 1 metro deve ser conhecido com um erro máximo de 0,1 μm e o período de oscilação com uma acurácia de 5×10^{-8} segundos. Tais valores, no entanto, são de difícil determinação.

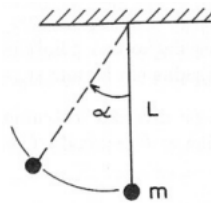


Figura 4 - Pêndulo simples. Fonte LUIZ e SILVA (1995)⁷

Uma forma de minimizar a precisão requerida para o período do pêndulo é medir o período em um número grande de oscilações, ao invés do período de uma única oscilação. Ao se medir o tempo e dividir por um número grande de oscilações, a precisão necessária passa de 5×10^{-8} segundos para 10^{-4} . Uma forma de determinar o valor da **gravidade relativa** sem a necessidade de conhecer o comprimento do pêndulo é medindo o **período** de **oscilação** em dois pontos distintos, de forma que se tem a relação

$$g_1 = g_0 \frac{T_0^2}{T_1^2}$$

Com o uso de pêndulos, o valor **absoluto** da gravidade é possível ser determinado com precisão de **1 mGal** e o valor **relativo** da gravidade com precisão de **0,1mGal**.

⁷ LUIZ J. G. e SILVA L. M. C. Geofísica de Prospecção Belém, Universidade Federal do Pará, Cejup, 1995



3.3.2 - Queda Livre de corpos

Através da queda livre de corpos, o valor **absoluto** da gravidade (g), pode ser determinado ao se conhecer o **tempo** (t) necessário para o corpo percorrer um **espaço** (s), utilizando-se a equação:

$$s = \frac{1}{2}gt^2$$

Para se obter o valor de g com precisão de 0,1mGal, a determinação de s igual a 1m deve ser realizada com uma precisão de 0,1 μm e o tempo de queda com uma acurácia de 2×10^{-8} segundos. Valores absolutos nos valores de g podem ser obtidos com a mesma precisão dos valores obtidos através de pêndulos, ao se utilizarem **lasers** e **métodos óticos** de interferência nos instrumentos que utilizam o princípio de queda livre.

3.3.3 - Balança de molas

A Figura 5 ilustra uma mola, na qual é acoplada uma massa " m " de peso " mg " (lembre-se que peso é o produto da massa pela gravidade). O comprimento inicial da mola é " s ". O aumento no valor da gravidade em δg provocará um aumento do peso para m ($g + \delta g$). Com isso, a mola terá um aumento de δs no seu comprimento e passará a medir $s + \delta s$.

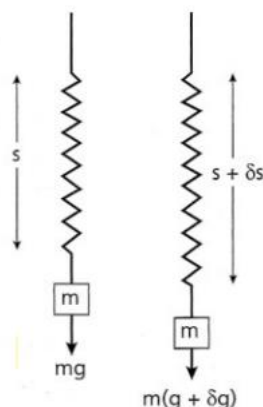


Figura 5 - Princípio de operação de gravímetro estável. Fonte Kearey *et al* (2009)⁸

Pela lei de Hooke, tem-se:

$$m\delta g = k\delta s$$

$$\delta s = \frac{m}{k} \delta g$$

⁸ KEAREY P. BROOKS M. HILL I. Geofísica de exploração – São Paulo, Oficina de Textos, 2009



Sendo k a constante elástica da mola, a sua **extensão** é **proporcional** à **força extensora** (peso = mg). Como a massa m não altera, a **extensão** da mola indica a **mudança** no valor da **gravidade**.

3.3.4 - Gravímetros

Os **gravímetros** são equipamentos que utilizam **balanças de mola**, na qual é posicionada uma massa constante. As variações na gravidade provocam uma variação no peso da massa, o que faz variar o seu comprimento. Sua **precisão** alcança **0,01mGal**, o que permite detectar as pequenas variações no valor da gravidade.

O valor da **gravidade** é determinado de forma **relativa**, o que possibilita identificar as anomalias das **densidades**, que indicam a presença de corpos mineralizados e de **estruturas geológicas**. Para determinação do valor da gravidade **absoluta**, os **gravímetros** são utilizados de forma **combinada** com **instrumentos** que medem os valores absolutos de gravidade. As variações no valor da gravidade resultam em uma pequena variação na **elongação da mola**. Para a **amplificação** dessas variações são utilizadas técnicas **ópticas**, **mecânicas** ou **elétricas**. A depender de como é realizada a amplificação dessas elongações, os gravímetros podem ser **estáveis** (estáticos) ou **instáveis** (astáticos).

Os gravímetros **estáveis** (primeiros gravímetros), usam uma massa e uma mola e as elongações são amplificadas por mecanismos **ópticos** ou **elétricos**. Já os gravímetros **instáveis** ou astáticos (modernos), empregam uma **força adicional** que é introduzida no sistema e produz **instabilidade**. Nesses gravímetros emprega-se uma **amplificação mecânica** antes da amplificação óptica. Assim as **pequenas variações** na **gravidade** são capazes de produzir **elongações** na mola muito **maiores** que aquelas produzidas nos gravímetros **estáveis**. Os gravímetros **estáveis** são capazes de realizar medidas com precisão de cerca de **0,1mGal**, enquanto nos gravímetros **instáveis** essa precisão é de **0,01mGal**.

Os gravímetros astáticos podem ser **geodésicos** ou de **prospecção**. Os **geodésicos** são um pouco **menos sensíveis** (0,1mGal) e possibilitam medidas em uma **faixa** de valores **superiores** a 5.000mGal. Os gravímetros de **prospecção** são **mais sensíveis** (0,01mGal), mas a **faixa** de leitura é **mais restrita**, em torno de 60 a 200mGal.

A mola do gravímetro é construída de fibras de quartzo ou de liga metálica (ferro e níquel). Alguns gravímetros podem ter a mola substituída por gás. As influências externas nos gravímetros incluem **temperatura**, **pressão**, **vibrações** provocadas por ondas sísmicas e **campos magnéticos** (gravímetros com mola metálica). Para eliminar o efeito da temperatura e pressão são utilizados **compensadores** acoplados ao sistema elástico. Já o efeito magnético é utilizado por meio de **blindagem**.

Nos levantamentos gravimétricos são utilizados gravímetros **instáveis**, sendo os mais empregados o **Worden** e o **LaCoste & Romberg**. O gravímetro **Worden** é um instrumento **portátil** (peso inferior a 5kg) e as operações de campo são relativamente **rápidas**. Para evitar os efeitos de temperatura e pressão, seus elementos sensíveis são colocados em recipiente termo-isolante e selado à vácuo, além de possuir um compensador térmico automático. A Figura 6 apresenta o princípio de funcionamento (Figura 6a) e uma fotografia do Gravímetro Worden. A variação no valor da **gravidade** modifica a **atração** exercida na massa M . Essa maior ou menor atração de M faz girar a **barra B** no sentido anti-horário, o que desloca a **haste de referência H** e



faz girar os **parafusos** de ajuste ligados à mola. A medida na **variação da gravidade** é obtida pela quantidade de voltas dadas nos parafusos.

Podem ser encontrados diferentes modelos de gravímetros Worden, os quais apresentam diferentes **sensibilidade** e **escala de medidas**. Um dos modelos, Master, que é recomendado para a prospecção, apresenta sensibilidade nominal de **0,01mGal**. Sua escala possibilita medidas na faixa mínima de cerca de 200mGal, o que pode ser ampliada com uso de dispositivo especial de ajuste (dispositivo de reset), podendo as variações chegara a cerca de 5200 mGal.

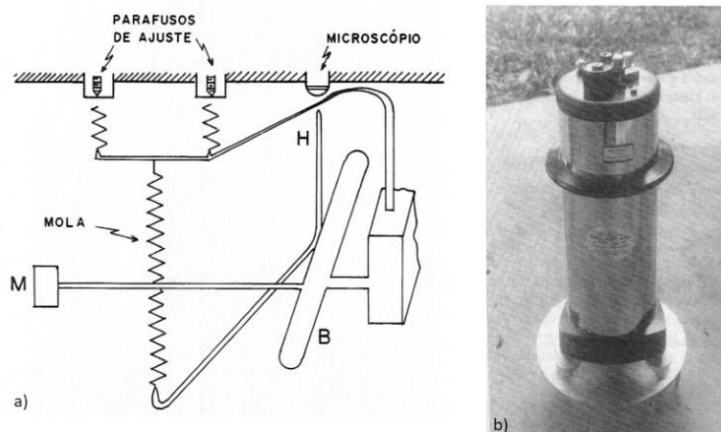


Figura 6 - Gravímetro Worden, princípio de funcionamento (a) e fotografia (b). Fonte LUIZ e SILVA (1995)⁹

O gravímetro **LaCoste e Romberg** também é **portátil**, e seu peso é um pouco superior ao gravímetro Worden. O instrumento requer o transporte de uma **bateria externa**, para fornecimento de energia ao sistema e para manter a temperatura do elemento sensetivo constante. Por isso, sua operação é um pouco **mais lenta** que a operação do gravímetro Worden. A Figura 7 apresenta o princípio de funcionamento e uma fotografia do Gravímetro LaCoste e Romberg.

Uma **massa M** é presa à extremidade da **Barra B**, e o sistema é mantido em equilíbrio na posição horizontal. A variação na **gravidade** altera o peso da massa, provocando uma **rotação na barra** (ângulo θ) e alterando o **ângulo** entre a massa e a mola (ângulo α), o que provoca um **momento** em relação ao elemento P. O posicionamento da barra na horizontal é possibilitado através de um **parafuso** ligado à mola. O número de volta no parafuso que são necessárias para levar a barra à posição horizontal permite a obtenção da variação da gravidade. Um dos modelos do Gravímetro LaCoste e Romberg, modelo G, tem **precisão de 0,01mGal** e a faixa de medição da gravidade é superior a 7000mGal.

⁹ LUIZ J. G. e SILVA L. M. C. Geofísica de Prospecção Belém, Universidade Federal do Pará, Cejup, 1995



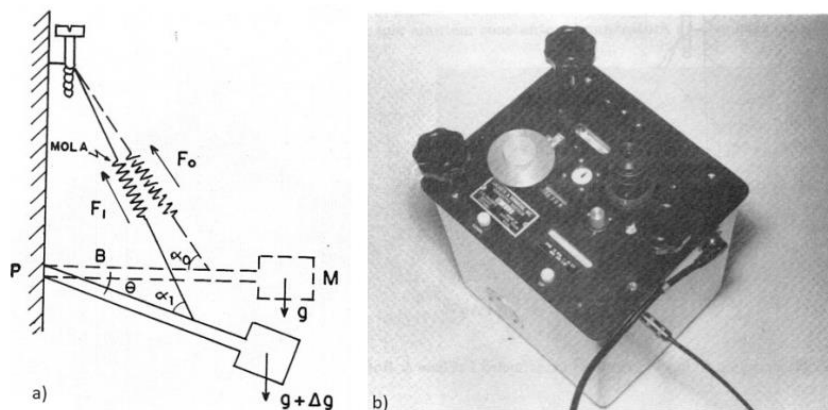


Figura 7 - Gravímetro LaCoste e Romberg princípio de funcionamento (a) e fotografia (b). Fonte LUIZ e SILVA (1995)¹⁰

Os **gravímetros modernos**, tanto o LaCoste e Romberg quanto o Worden, utilizam o sistema da **mola de comprimento zero** (*zero-length-spring*), o que permite que a elongação da mola causada pela variação na gravidade seja proporcionalmente balanceada por uma tensão aplicada à mola.



Aspecto\Gravímetro	Gravímetro Worden	Gravímetro LaCoste e Romberg
TIPO	Instável/Astático	Instável/ Astático
PORTE	Portátil	Portátil/bateria externa (maior que Worden)
LEVANTAMENTO	Rápido	Mais lento que o Worden
PRECISÃO	0,01mGal	0,01mGal

Mas, professor, como esse conteúdo poderia aparecer na prova?

Veja, a seguir, como a banca pode tentar te confundir com esse conteúdo:

¹⁰ LUIZ J. G. e SILVA L. M. C. Geofísica de Prospecção Belém, Universidade Federal do Pará, Cejup, 1995





(Prof. Renê/Inédita - 2024) Acerca da geofísica, julgue o item a seguir:

As medidas absolutas da gravidade são determinadas por meio de gravímetros.

Comentários:

O valor da gravidade é determinado de forma relativa, o que possibilita identificar as anomalias das densidades, que indicam a presença de corpos mineralizados e de estruturas geológicas. Para determinação do valor da gravidade absoluta, os gravímetros são utilizados de forma combinada com instrumentos que medem os valores absolutos de gravidade. Assertiva **incorreta**.

3.4 - Redução dos Valores de Gravidade

A redução dos valores de gravidade ou redução gravimétrica é uma etapa que deve ser realizada **antes da interpretação dos resultados** e consiste na **correção** dos resultados do levantamento gravimétrico. Essas correções são necessárias devido às **variações** do campo gravitacional da Terra que **não resultam de diferenças de densidade** nas rochas em subsuperfície. A redução gravimétrica é também chamada de **redução ao geóide**, uma vez que o **nível do mar** é geralmente o datum mais conveniente. Os fatores que provocam alterações no valor da gravidade e que não estão associadas à diferença de densidade são:

- **latitude**
- elevações/**topografia**
- efeitos do **sol e da lua** (marés)
- **instrumentos** de medida (variação ou *drift* instrumental)

Devido a essas variações, os valores de gravidade obtidos nos levantamentos geofísicos devem ser corrigidos antes de serem interpretados, para que esses **efeitos** sejam **eliminados**. Essas correções incluem a correção de **deriva**, a correção de **latitude**, a correção de **elevação**, a correção de **maré** e a correção de **Eotvos**. A seguir, é apresentada uma descrição de cada uma dessas correções.

3.4.1 - Correção de latitude

A correção de latitude é realizada para eliminar o **efeito da latitude** na medida da **gravidade**. A gravidade **umenta** à medida que há o **afastamento do equador** em direção aos polos, ao longo dos meridianos. Quando as estações estiverem mais próximas do equador do que a latitude de referência, a correção de latitude deve ser subtraída da gravidade normal. Já quando as estações estiverem mais próximas dos polos do que a latitude de referência, a correção é adicionada.

A correção do valor da latitude medido em ϕ_1 para a latitude de referência ϕ_0 é realizada subtraindo ou valor dado pela equação



$$C_L = 5162,83(\text{sen}^2\Phi_1 - \text{sen}^2\Phi_0) \text{ mGal}$$

3.4.2 - Correção de elevação

A correção de elevação, correção **ar-livre** (*free-air correction*) ou redução de Faye é realizada para eliminar o efeito da diferença de **altitude** das estações que realizaram as medidas em relação ao geoide ou a um nível de referência arbitrário. A correção ar-livre para um ponto situado a uma altitude h da superfície terrestre em relação ao nível do mar (geoide) ou a outro nível de referência é obtido através da relação

$$C_{AL} = GM \frac{2h}{R^3} = 0,3086h \text{ mGal}$$

3.4.3 - Correção Bouguer

A correção **Bouguer** é realizada para eliminar o **efeito da massa** localizada entre as estações tomadas em um terreno acidentado e o nível do geoide. Essa correção é realizada através da **adição** ao valor normal da gravidade, a atração de um **cilindro** de raio infinito e altura igual à altitude h da estação no terreno. Essa altitude consiste na mesma altitude empregada na correção ar-livre. Considera-se, nesse caso, que a densidade (ρ) do cilindro é igual à do material situado entre o geoide e a estação. O cálculo do valor a ser considerado na Correção Bouguer é dado por:

$$g_{nR} = g_n + 0,04191\rho h$$

3.4.4 - Correção topográfica ou de terreno

A correção **topográfica** ou de terreno é realizada para corrigir os **efeitos** deixados pela **correção Bouguer**, os quais estão diretamente relacionados à **topografia** ou **elevação** do terreno. A Figura 8 ilustra esses efeitos decorrentes da correção Bouguer. A correção Bouguer considera a topografia ao redor da estação gravimétrica como **plana**. No entanto, esse nem sempre é o caso, e, por isso, deve ser empregada a correção de terreno para **compensar** esses desvios assumidos na correção Bouguer, com relação ao relevo topográfico nas proximidades da estação gravimétrica.

O ponto P se situa no nível da estação em que foi realizado o levantamento gravimétrico. A aplicação da **correção Bouguer** considera que acima desse ponto (P) **não existe massa** e despreza o efeito do material situado acima dessa cota. Da mesma forma, os vales situados abaixo do nível da estação, considera-se a **adição de massa**, sendo que ela não existe.



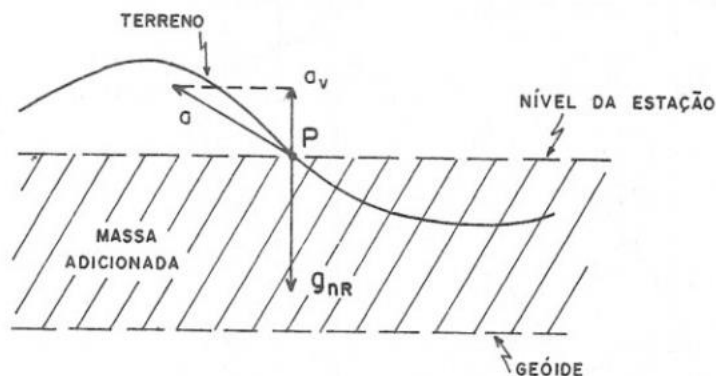


Figura 8 - Efeito topográfico devido a Correção de Bouguer. Fonte LUIZ e SILVA (1995)¹¹

Para as correções de **terrenos** é utilizada a **Carta de Hammer**, que consiste em uma **gratícula circular**, dividida por linhas radiais e concêntricas (Figura 9). O método consiste em posicionar a gratícula sobre o mapa topográfico com o seu centro sobre a estação gravimétrica. A correção considera a soma das **contribuições gravitacionais** de todos os compartimentos.

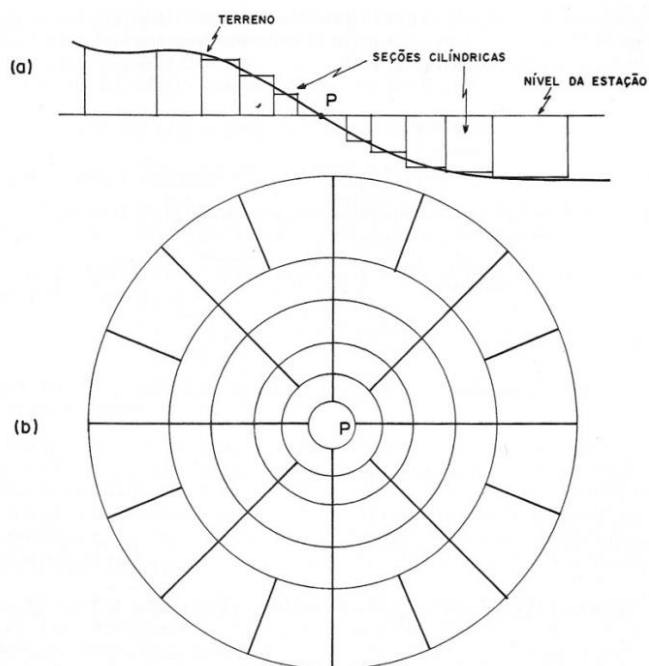


Figura 9 - Representação dos setores cilíndricos usados na correção topográfica, perfil (a) e projeção horizontal (b). Fonte LUIZ e SILVA (1995)¹²

Em áreas de **topografia** é mais **suave** os efeitos decorrentes da **correção Bouguer** são mais **baixos** e, raramente excedem 10 gu em áreas planas. Já em áreas em que a topografia é mais **acidentada**, os efeitos

¹¹ LUIZ J. G. e SILVA L. M. C. Geofísica de Prospecção Belém, Universidade Federal do Pará, Cejup, 1995

¹² LUIZ J. G. e SILVA L. M. C. Geofísica de Prospecção Belém, Universidade Federal do Pará, Cejup, 1995



são mais **significativos**. Os valores máximos são alcançados em vales profundos, topos de despenhadeiros e nos cumes de montanhas. Essa correção pode ser **ignorada** nas situações em que os efeitos do terreno são menores que a **precisão** desejada. O processo utilizado na correção de terreno **não** pode ser completamente **automatizado**. Por isso, a necessidade dessa correção resulta na maior parte do **tempo** gasto com as reduções gravimétricas, o que influencia no **custo** do levantamento gravimétrico.

3.4.5 - Correção de maré

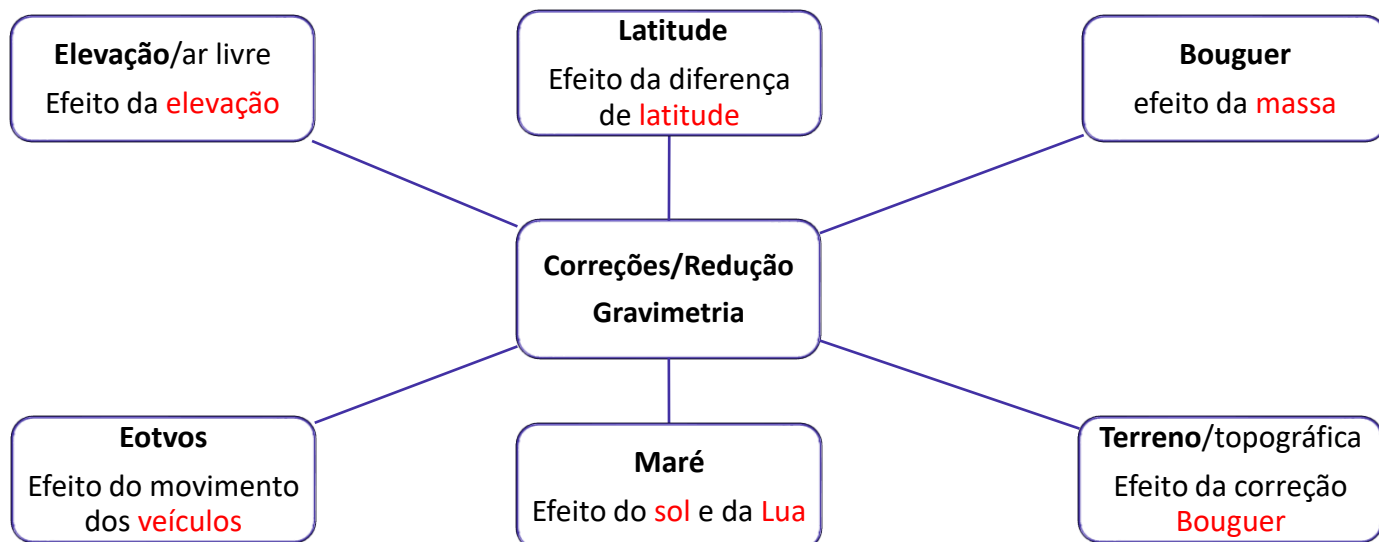
A Correção de **maré** é realizada para eliminar os efeitos das **variações periódicas** dos efeitos gravitacionais do **Sol** e da **Lua** associados aos seus movimentos orbitais. A atração gravitacional que a lua faz é muito maior que a do sol, por causa da sua **proximidade**. Os efeitos que decorrem do Sol e da Lua são as variações de **maré**, e as variações **periódicas** da gravidade resultam em uma **amplitude máxima** de cerca de **3 gu** e um período mínimo em torno de **12h**. Esses efeitos são **previsíveis** e podem ser calculados por um **computador**.

3.4.6 - Correção de Eotvos

A correção de **Eotvos** é realizada para eliminar os efeitos dos **movimentos dos veículos**, quando o levantamento é realizado em **navio** ou **avião**. Esse movimento poderá gerar uma aceleração que atuará a favor ou contrário à gravidade. O valor da correção de Eotvos (EC) é obtido através da equação

$$EC = 75,03V \operatorname{sen} \alpha \cos \Phi + 0,04154V^2 \operatorname{gu}$$

Sendo V a velocidade do veículo em **nós**, α a direção e Φ a latitude da observação.



3.4.7 - Anomalias de ar livre e de Bouguer

A anomalia **Bouguer** (BA) consiste na **diferença** entre valor da **gravidade** observado no **terreno** (após as correções) e o valor da **gravidade normal reduzido** para o nível do terreno. A BA é a base para a interpretação dos dados gravimétricos terrestres e é definida através da relação

$$BA = g_{obs} - g_{\phi} + FAC \pm BC \pm TC (\pm EC)$$

sendo g_{obs} o valor observado no **levantamento** g_{ϕ} é o valor de gravidade **previsto** na latitude ϕ , FAC é a **correção** de elevação, BC é a **correção Bouguer**, TC é a correção de terreno e EC é a correção **Eotvos**.

O cálculo da BA permite a **comparação** direta **de anomalias de gravidade** obtidas nos levantamentos **marítimos** e **terrestres** além de permitir a **combinação** de dados terrestres e marinhos em mapas de contornos gravimétricos. No entanto, a BA não é apropriada para levantamento em **águas profundas**. Nessas áreas, utiliza-se a anomalia **ar-livre** (FAA). Essa anomalia também **possibilita** a estimativa do grau de **compensação isostática** de uma área. A FAA é determinada através da expressão

$$FAA = g_{obs} - g_{\phi} + FAC (\pm EC)$$

A anomalia Bouguer e a anomalia ar-livre podem ser apresentadas como **perfis** ou como **mapas de contornos**.

3.5 - Densidades das Rochas e Minerais

A densidade das rochas varia de acordo com o seu processo de formação. Rochas **ígneas** e **metamórficas**, no geral são **mais densas** que as rochas **sedimentares**, o que decorre, principalmente, da **porosidade** presente nessa última.

Nas rochas **ígneas**, a **variação** da densidade é **pequena**. No geral, as **intrusivas** são mais **densas** que as **extrusivas**, o que se deve a presença de **gases** durante a erupção. Além disso, a densidade **diminui** com a **acidez** da rocha, isso porque, as rochas mais ácidas são formadas por minerais mais leves, ao contrário das rochas básicas, que têm em sua composição, minerais mais ricos em ferro, por exemplo.

As rochas **metamórficas** também apresentam **pouca variação** da densidade. Os **processos** metamórficos envolvem **redução de volume**, **recristalização** e formação de **novos minerais**, o que acarreta o aumento da **densidade** nos novos minerais, em relação aos primários. Dessa forma, a densidade das rochas metamórficas aumenta com o aumento do **grau de metamorfismo**.

As rochas **sedimentares** apresentam **larga variação** da densidade, uma vez que essas rochas podem apresentar diferenças na **composição** mineralógica, na **porosidade**, no grau de **compactação**, além da presença ou não de **água**, os quais influenciam na sua densidade. Para um mesmo tipo de rocha sedimentar, a densidade é maior com a redução da porosidade, presença de fluidos e aumento da profundidade (maior compactação).



Observe na Tabela a seguir os valores¹³ da variação da densidade e a densidade média de algumas rochas. Não é para decorar esses valores. É apenas para ter uma noção geral.

Rochas	Variação da densidade (g/cm ³)		Densidade média (g/cm ³)	
Ígneas				
Obsidiana	2,20-2,40		2,30	
Riolito	2,35-2,70		2,52	
Granito	2,50-2,81		2,64	
Basalto	2,70-3,30		2,99	
Gabro	2,70-3,50		3,03	
Piroxenito	2,93-3,34		3,17	
Ácidas	2,30-3,11		2,61	
Basicas	2,09-3,17		2,79	
Metamórficas				
Quartzito	2,50-2,70		2,60	
Xisto	2,39-2,90		2,64	
Filito	2,68-2,80		2,74	
Mármore	2,60-2,90		2,75	
Ardósia	2,70-2,90		2,79	
Gnaisse	2,59-3,00		2,8	
	Poros com fluido	Poros sem fluido	Poros com fluido	Poros sem fluido
Solo	1,20-2,40	1,00-2,00	1,92	1,46
Aluvião	1,96-2,00	1,50-1,60	1,98	1,54
Areia	1,70-2,30	1,40-1,80	2	1,6
Cascalho	1,70-2,40	1,40-2,20	2	1,95
Arenito	1,61-2,7	1,60-2,68	2,35	2,24
Calcário	1,93-2,90	1,74-2,76	2,55	2,11

Mas, professor, como esse conteúdo poderia aparecer na prova?

Veja, a seguir, como a banca pode tentar te confundir com esse conteúdo:

¹³ LUIZ J. G. e SILVA L. M. C. Geofísica de Prospecção Belém, Universidade Federal do Pará, Cejup, 1995





(Prof. Renê/Inédita - 2024) Acerca da geofísica, julgue o item a seguir:

A correção de elevação ou correção ar-livre é realizada para corrigir os efeitos deixados pela correção Bouguer, os quais estão diretamente relacionados à topografia ou elevação do terreno.

Comentários:

A correção topográfica ou de terreno é realizada para corrigir os efeitos deixados pela correção Bouguer, os quais estão diretamente relacionados à topografia ou elevação do terreno. A correção Bouguer considera a topografia ao redor da estação gravimétrica como plana. No entanto, esse nem sempre é o caso, e, por isso, deve ser empregada a correção de terreno para compensar esses desvios assumidos na correção Bouguer, com relação ao relevo topográfico nas proximidades da estação gravimétrica.

3.6 - Tratamento dos Dados

Os levantamentos gravimétricos requerem um **tratamento** específico dos dados, por se tratar de um **campo potencial**. As medidas realizadas de gravidade podem ser o resultado de **mais de uma fonte**, que inclui falhas, arqueamentos, intrusões, irregularidades na superfície do embasamento, corpos mineralizados, entre outros. Uma das tarefas na interpretação das anomalias gravimétricas é **reduzir a ambiguidade** da resposta obtida. Para isso, durante a interpretação dos dados, é importante considerar demais **informações** a respeito da natureza e forma do corpo anômalo, os quais incluem informações **geológicas** derivadas de afloramento, poços e minas além de outras técnicas geofísicas.

3.6.1 - Filtragem dos dados

A **filtragem** dos dados consiste na separação de sinais de **frequência diferente**. Esse procedimento é realizado visando **eliminar** os **efeitos** das **fontes indesejáveis**, para que as fontes alvo sejam interpretadas. Os sinais identificados nos levantamentos gravimétricos podem ter **diferentes frequências**. As **pequenas heterogeneidades** do terreno, que ocorrem **próximo à superfície**, provocam **oscilações** mais **frequentes** e, portanto, com mais **altas frequências** que os as heterogeneidades de **maiores dimensões** e mais **profundas** (Figura 9). Heterogeneidades próximas ao terreno incluem, por exemplo, afloramentos, compactação diferencial, e variações na espessura da camada de intemperismo. Fontes **mais profundas** e **maiores** apresentarão **menor frequência** espacial (ciclos por metro).



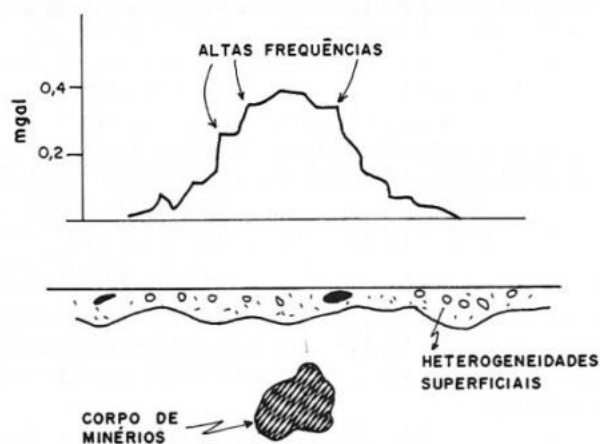


Figura 10 - Representação dos efeitos dos materiais de subsuperfície obtidos num levantamento geofísico.
Fonte LUIZ e SILVA (1995)¹⁴

3.6.2 - Ambiguidade e problema inverso

A interpretação das anomalias gravimétricas é **ambígua**, isso porque, para qualquer que seja a anomalia obtida, a causa poderia ser uma **infinitude de fontes**. Essa ideia é estabelecida através do **problema inverso**, segundo o qual, ainda que a **anomalia** de um dado corpo pode ser calculada de **maneira unívoca**, a **mesma anomalia** poderia ter sido causada por um número **infinito** de **corpos diferentes**.

3.6.3 - Campos regionais e anomalias residuais

Após o tratamento dos dados de gravimetria, como as devidas correções, obtém-se a **resposta** do corpo alvo, o que caracteriza as **anomalias Bouguer**. Essas anomalias consistem em uma anomalia **regional ampla** e **variação suave**, geralmente associada à **estrutura profunda** (Figura 11a). Sobre a anomalia regional podem ser superpostas **anomalias locais** de **comprimento de onda** mais **curto**. Essas anomalias **locais**, geralmente, representam o **interesse primário** do levantamento **gravimétrico**. Para os casos em que o objetivo do levantamento é o **corpo mineralizado, menos profundo**, deve-se eliminar o efeito do campo **regional**. Esse processo é realizado através da **filtragem**, e os valores resultantes desse processo constituem o que é denominado de **residual** (Figura 11b).

¹⁴ LUIZ J. G. e SILVA L. M. C. Geofísica de Prospecção Belém, Universidade Federal do Pará, Cejup, 1995



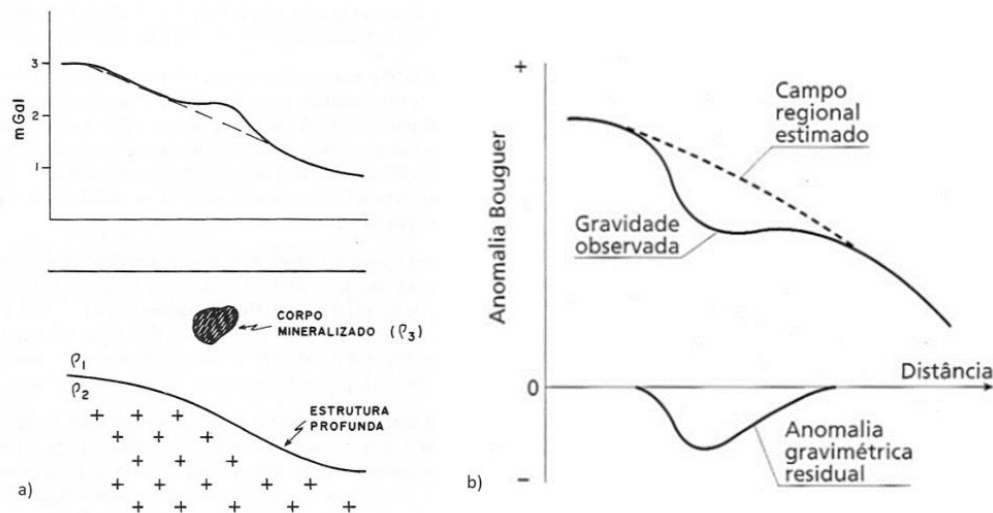


Figura 11 - Representação das anomalias gravimétricas regional e residual da anomalia Bouguer. Fonte KEAREY *et al* (2009)¹⁵ LUIZ e SILVA (1995)¹⁶

O primeiro passo na interpretação é a **remoção do campo regional**, o que permite **isolar as anomalias residuais**. Esse processo pode ser realizado de forma **gráfica** ou através de métodos **analíticos**. Os métodos **analíticos** de análise do campo gravitacional a análise de **superfície de tendência** e a filtragem **passa-baixa**. Apesar de ser um procedimento necessário para a análise dos dados, deve ser realizado de forma crítica, pois, dependendo dos procedimentos matemáticos utilizados, a extração do campo regional pode resultar no surgimento de **anomalias fictícias**.

Mas, professor, como esse conteúdo poderia aparecer na prova?

Veja, a seguir, como a banca pode tentar te confundir com esse conteúdo:



(Prof. Renê/Inédita - 2024) Acerca da geofísica, julgue o item a seguir:

As medidas absolutas da gravidade são determinadas por meio de gravímetros.

Comentários:

O valor da gravidade é determinado de forma relativa, o que possibilita identificar as anomalias das densidades, que indicam a presença de corpos mineralizados e de estruturas geológicas. Para determinação

¹⁵ KEAREY P. BROOKS M. HILL I. Geofísica de exploração – São Paulo, Oficina de Textos, 2009

¹⁶ LUIZ J. G. e SILVA L. M. C. Geofísica de Prospecção Belém, Universidade Federal do Pará, Cejup, 1995



do valor da gravidade absoluta, os gravímetros são utilizados de forma combinada com instrumentos que medem os valores absolutos de gravidade. Assertiva **incorreta**.

3.7 - Interpretação

A **interpretação** é a **última etapa** de um levantamento geofísico. A interpretação dos dados de **levantamento gravimétricos** pode ser **direta** ou **indireta**. Cada um desses métodos apresenta mais de uma **técnica** que pode ser aplicada para obter as **informações** a respeito do corpo anômalo, incluindo **profundidade**.

3.7.1 - Interpretação direta

A interpretação direta visa obter diretamente das **anomalias gravimétricas**, as **informações** sobre o corpo anômalo. Os métodos da interpretação direta incluem: **profundidade limite**, **excesso de massa**, **ponto de inflexão** e **espessura aproximada**.

PROFUNDIDADE LIMITE

A profundidade limite consiste em determinar a **máxima profundidade** em que o **topo** de um corpo poderia se localizar e ser capaz de **produzir** uma anomalia gravimétrica **observável**. Para essa determinação, podem ser utilizados os seguintes métodos:

A) Método de **meia distância**: Nesse método, calcula-se a **profundidade** da **anomalia**, bem como a sua **profundidade limite**. A meia distância ($x_{1/2}$) de uma anomalia é definida como sendo a **distância horizontal** do máximo da anomalia (pico, ponto A na Figura 12) **até** o ponto no qual a anomalia foi reduzida à **metade** do seu valor máximo ($A_{\max}/2$). Esse conceito é ilustrado na Figura 12.

As considerações realizadas dependem se a anomalia é **tridimensional** ou **bidimensional**. Para as anomalias **tridimensionais**, considera-se que ela resulta de uma massa **pontual**. Já para as anomalias **bidimensionais**, considera-se sua massa **linear** horizontal. As determinações da profundidade e da profundidade-limite da anomalia são determinadas através das seguintes expressões:

Geometria	Profundidade (z)	Profundidade limite
TRIDIMENSIONAL (MASSA PONTUAL)	$z = \frac{x_{1/2}}{\sqrt[3]{\sqrt[4]{4} - 1}}$	$z < \frac{x_{1/2}}{\sqrt[3]{\sqrt[4]{4} - 1}}$
BIDIMENSIONAL (MASSA LINEAR HORIZONTAL)	$z = x_{1/2}$	$z < x_{1/2}$

B) Método da **razão gradiente-amplitude**: Nesse método, o valor da **profundidade máxima** (z) é calculado com base na **amplitude máxima** de anomalia (A_{\max}) e no **máximo gradiente horizontal** de gravidade (A'_{\max}), representados na Figura 12, da seguinte forma:

Geometria	Profundidade limite
TRIDIMENSIONAL (MASSA PONTUAL)	$z < 0,86 \left \frac{A_{\max}}{A'_{\max}} \right $
BIDIMENSIONAL (MASSA LINEAR HORIZONTAL)	$z < 0,65 \left \frac{A_{\max}}{A'_{\max}} \right $



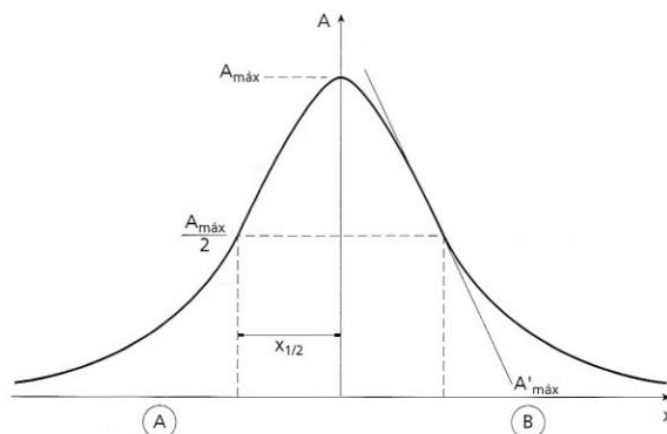


Figura 12 - Representação do cálculo da profundidade limite pelo método de meia distância (A) e da razão gradiente-amplitude (B) . Fonte KEAREY *et al* (2009)¹⁷

C) Métodos de **segunda derivada**: Os métodos da máxima segunda derivada horizontal, ou da máxima taxa de mudança gradiente de uma anomalia gravimétrica possibilitam estimativas **mais acuradas** da **profundidade-limite** que os dois outros métodos.

EXCESSO DE MASSA

O **excesso de massa** consiste na **diferença** de massa entre o corpo **alvo** e a **rocha** encaixante. Nesse método, é realizada a **integração** em área da anomalia residual, utilizando a fórmula derivada do **teorema de Gauss**. Antes da aplicação do método, deve-se retirar o **campo regional**. O método tem aplicação na estimativa da tonelagem de corpos de minério.

PONTO DE INFLEXÃO

Neste método, informações sobre a natureza dos **limites** dos corpos **anômalos** são inferidas a partir dos **pontos** de **inflexão** nos perfis gravimétricos, ou nos pontos em que o **gradiente** horizontal **muda** mais rapidamente.

ESPESSURA APROXIMADA

Neste método, a **espessura** (t) da anomalia gravimétrica (Δg) é estimada com base na **fórmula de Bouguer**, sendo necessário, para isso, o conhecimento do contraste de **densidade** do corpo anômalo.

$$t = \frac{\Delta g}{2\pi G \Delta \rho}$$

DECONVOLUÇÃO DE EULER

¹⁷ KEAREY P. BROOKS M. HILL I. Geofísica de exploração – São Paulo, Oficina de Textos, 2009



Este método é usado na estimativa da **profundidade** da fonte. É aplicável tanto para anomalias **gravimétricas** como para anomalias **magnéticas**.

3.7.2 - Interpretação indireta

Nos métodos de interpretação **indireta**, são utilizados **modelos** para realizar a **simulação** da anomalia gravimétrica. O **cálculo** da anomalia teórica é realizado através de um método **iterativo**, em que a **forma** do modelo é **alterada** até que a anomalia **calculada** esteja aproximadamente **igual** à anomalia **observada**. A execução do modelo de interpretação indireta requer os seguintes passos: **construção** do modelo, **cálculo** das anomalias gravimétricas, **comparação** das anomalias calculadas e observadas e **alteração** do modelo, implementando as **melhorias** de ajuste entre as anomalias calculada e observada.

3.7.3 - Manipulação do campo potencial

A técnica de **manipulação** do campo potencial consiste em utilizar o campo medido na **superfície** para **prever** o campo em qualquer nível acima ou abaixo do plano de observação. Essa técnica é utilizada para **acentuar** os efeitos de estruturas profundas ou rasas. Podem ser utilizados dois métodos, que são os métodos de **continuação para cima** e de **continuação para baixo**

Os métodos de **continuação para cima** são utilizados para a determinar a **forma** da variação gravimétrica regional sobre uma área de levantamento. O campo obtido nesse método deve resultar de estruturas relativamente **profundas**, representando um campo **regional** válido do local. Seu efeito **atenua** as anomalias de número de **onda alto** (menores profundidades) e **melhora** as anomalias de fontes mais **profundas**.

Os métodos de **continuação para baixo** possuem **menos aplicação** que os métodos de continuação para cima. Uma das suas aplicações é na **resolução** das anomalias separadas, mas que os **efeitos** se **sobrepõem** no nível de observação. Nesse método, as componentes de **número de onda alto** são **melhoradas** em relação às demais. No caso em que o campo seja continuado até uma **profundidade maior** que a profundidade da estrutura causadora, as anomalias apresentarão extremas **flutuações**. Essas flutuações permitem obter uma estimativa da **profundidade-limite** do corpo responsável pela anomalia. Ao se utilizar essa técnica, o efeito dos **ruídos** no campo potencial é **acentuado**, por isso, nesse caso, a sua **eficácia é reduzida**.

A aplicação de **filtros** de **número de onda** é uma forma de obter a **melhoria seletiva** das componentes de número de onda alto e baixo de campos potenciais (gravitacional e magnético). De forma semelhante à realizada com os dados sísmicos, os dados dos **campos potenciais** projetando filtros bidimensionais nos mapas de contornos, para a remoção seletiva de componentes de número de onda alto ou baixo. Esse processo de filtragem de número de ondas, no entanto, **não** é capaz de **isolar completamente** anomalias locais, rasas (número de onda alto) ou regionais, profundas (número de onda baixo), uma vez que o espectro de número de ondas correspondente a essas estruturas se sobrepõe.

Outros operadores de filtro mais complexos, **derivadas** verticais ou horizontais de qualquer ordem podem ser aplicados nas manipulações de campos potenciais. Uma desses métodos é a aplicação é o mapa de **segundas derivadas**, que acentuam as anomalias associadas a **corpos rasos**.

Mas, professor, como esse conteúdo poderia aparecer na prova?



Veja, a seguir, como a banca pode tentar te confundir com esse conteúdo:



(Prof. Renê/Inédita - 2024) Acerca da geofísica, julgue o item a seguir:

A técnica de manipulação do campo potencial denominada de continuação para baixo é utilizada para determinar a forma da variação gravimétrica regional sobre uma área de levantamento, sendo que nessa técnica, o campo obtido deve resultar de estruturas relativamente profundas, representando um campo regional válido do local, de forma que o seu efeito atenua as anomalias de número de onda alto (menores profundidades) e melhora as anomalias de fontes mais profundas.

Comentários:

O método descrito na assertiva é o de continuação para cima. Assertiva **incorreta**.

4 - Levantamento Magnético

4.1 - Aspectos Introdutórios

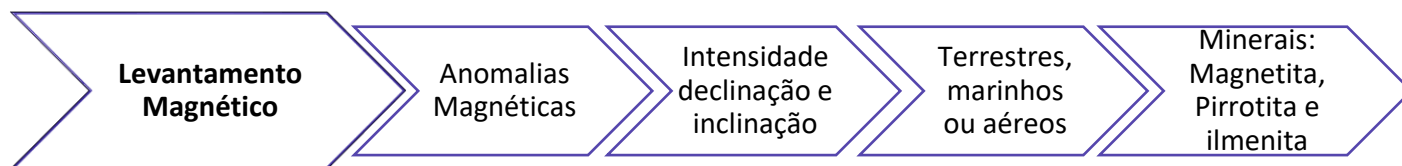
O Método Magnético é baseado nas distorções locais produzidas nos **elementos** do **campo magnético** da Terra, devidas às concentrações de minerais magnéticos nas rochas da crosta. Esses elementos do campo magnético são a **intensidade**, **declinação** e **inclinação**.

Os principais minerais que produzem distorções do campo magnético terrestre são a **magnetita** (Fe_3O_4), a **pirrotita** ($Fe_{1-x}S$) e a **ilmenita** ($FeTiO_3$). Observe, pela fórmula química desses minerais, que todos eles apresentam o elemento **Ferro** em sua composição. Esse é um dos importantes elementos que conferem aos minerais a sua **propriedade magnética**.

O **levantamento** magnético tem como objetivo a investigação da **geologia** utilizando as variações do campo magnético terrestre, o que resulta das **propriedades magnéticas** das rochas em subsuperfície. As **anomalias** magnéticas causadas pelas rochas são muito **pequenas** e os equipamentos utilizados na prospecção devem ser capazes de registrar essas pequenas variações. A aplicação desse método possibilita a detecção de **minerais** de grande relevância econômica, como a **calcopirita** ($CuFeS_2$), a **galena** (PbS), o **asbesto** e a **calcocita** (Cu_2S). Além disso, sua aplicação se estende à identificação de **contatos geológicos** e de **estruturas geológicas**, tais como falhas e dobras, que podem servir para o acúmulo de petróleo e gás.

Os levantamentos **magnéticos** podem ser **terrestres**, **marítimos** ou **aéreos**. Sua aplicação é **rápida** e possui **baixo custo**, sendo, por isso, um dos mais utilizados nos levantamentos geofísicos.





4.2 - Fundamentos do Método

4.2.1 - Campo geomagnético

O Planeta **Terra** é envolvido por um **campo magnético**, o qual pode ser descrito como uma região no espaço, em que **cargas elétricas** e materiais dotados de **propriedades magnéticas** se encontram sob o efeito de **forças**. O valor do campo magnético terrestre é uma contribuição de diferentes **origens**, que incluem o campo gerado no **núcleo** fluido da Terra, o campo **crustal**, gerado por rochas magnetizadas, o campo **externo**, produzido por **correntes elétricas** que fluem na **ionosfera** e na **magnetosfera**. A Figura 13 ilustra o campo magnético terrestre. Esse campo pode ser relacionado com um momento de **dipolo** localizado no seu **centro**, e este momento **aponta** para o polo **sul geográfico**.

A localização do dipolo forma um ângulo de aproximadamente **11,5°** com o eixo de rotação da Terra (Figura 14). Os pontos nos quais o dipolo intercepta a superfície da Terra é denominado de **polos geomagnéticos**, os quais diferem dos **polos magnéticos verdadeiros**. Os polos geomagnéticos verdadeiros são as posições indicadas pela inclinação da **agulha magnetizada**.

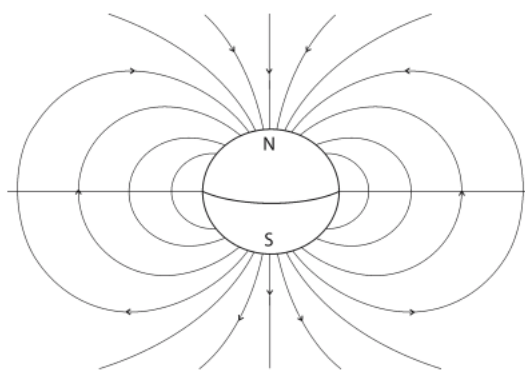


Figura 13 - Campo magnético terrestre Fonte LANZA e MELONI (2006)¹⁸

A **linha imaginária** da Terra que passa pelos **polos geográficos** é denominada de **meridiano geográfico** e a linha imaginária que passa pelos **polos magnéticos** é o **meridiano magnético**. O **ângulo** formado entre esses dois meridianos é denominado de **declinação magnética**. A linha que passa pelos pontos da Terra de **mesma declinação magnética** é a linha **isógona** e a linha em que o ângulo de **declinação magnética** é **nulo** é a linha **agônica**. A **inclinação magnética** é o ângulo entre a inclinação da agulha e a horizontal. Sobre o Equador

¹⁸ LANZA R. e MELONI A. The Earth's Magnetism Na Introduction for Geologists Springer, 2006



magnético, essa inclinação é zero e nos polos é 90° . Os pontos da Terra que apresentam a mesma inclinação magnética definem uma linha **isóclina**.

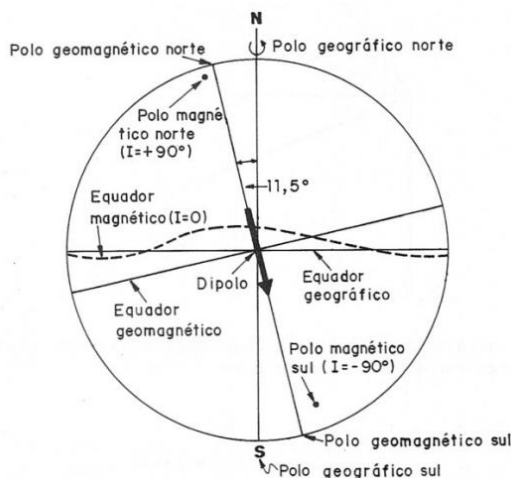


Figura 14 - Representação do dipolo e dos polos terrestres Fonte LANZA e MELONI (2006)¹⁹

A presença do **campo magnético** terrestre é atribuída a ação de **dinamo**, que consiste no mecanismo de produção de **corrente contínua**. Essa ação ocorre devido à presença e **circulação** de **partículas** carregadas no núcleo da Terra (fluido). O movimento dessas partículas ocorre em **células** de **convecção** conjugadas e é responsável pelas mudanças periódicas na polaridade do campo geomagnético. O **padrão da circulação** no núcleo também varia, o que resulta na **mudança lenta** e **progressiva**, que ocorre ao longo do tempo, em todos os elementos geomagnéticos. A mudança nesses elementos é denominada de **variação secular**. A variação secular é responsável pela **rotação do polo norte magnético** ao redor do polo geográfico.

A **intensidade** do campo geomagnético é muito pequena e **varia** de acordo com a **região** da **terra**. Os maiores valores são verificados nos polos, sendo cerca de **60.000nT** no **polo magnético norte** e **70.000 nT** no **polo magnético sul**. No **Equador**, o campo magnético é cerca de **metade** do valor verificado nos polos (cerca de 3.000 nT). Algumas regiões do planeta são marcadas por **baixa intensidade** total do campo geomagnético, como ocorre na região da **Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS)**. Essa área estende do **sudeste brasileiro** até o **sul** do **continente africano**. Uma consequência dessa anomalia é sua influência sobre satélites em órbita e missões espaciais, que podem apresentar falhas ao passar pela região.

Os mapas de **contorno** de **declinação** em diferentes épocas, possibilitou a observação de uma deriva de quase todas as **linhas** de **contorno** em direção a oeste. Esse fenômeno é denominado de **deriva para oeste** e pode ser percebido no Atlântico e na Europa. A ocorrência desse fenômeno é atribuída à **variação** da parte **não dipolar** do campo e alcança valores de cerca de **0.2°** por ano. O campo magnético terrestre também sofre **influência** de origem **externa**, que decorre do **fluxo de partículas** carregadas dentro da ionosfera em direção aos polos magnéticos. Essa influência na variação diária do campo geomagnético, caracteriza as **variações diurnas**. Em dias normais, calmos ou **quietos (Q)**, essas variações ocorrem de forma **suave e**

¹⁹ LUIZ J. G. e SILVA L. M. C. Geofísica de Prospecção Belém, Universidade Federal do Pará, Cejup, 1995



regular, sendo a amplitude máxima da variação é de cerca de 20 a 80 nT, com o máximo ocorrendo nas regiões polares.

Em dias **perturbados** ou com **distúrbios** (D), as **variações diurnas** no campo magnético são **menos regulares**, mas são **mais significativas** e de **curta duração**, denominadas de **tempestades magnéticas**. Esses distúrbios no campo magnético podem alcançar magnitudes de até **1.000 nT**. As tempestades magnéticas são o resultado de **atividade solar** mais intensa e da chegada de partículas solares carregadas na ionosfera. Os **levantamentos magnéticos** são largamente influenciados por essas variações. A influência das mudanças rápidas e de altas amplitudes no campo magnético, **não** pode ser adequadamente **corrigida** nos dados coletados. Por esse motivo, durante as tempestades magnéticas, os levantamentos magnéticos devem ser **interrompidos**.

CURIOSIDADE



Você já ouviu falar sobre as Auroras Polares? Na minha opinião, esse é um dos fenômenos mais incríveis que podemos observar. Observe a Figura²⁰ abaixo, que ilustra a Aurora Boreal em Reykjavík, na Islândia. É maravilhoso, não é? Esse fenômeno só é possível pela existência do campo magnético terrestre e sua interação com as tempestades magnéticas.



A aurora polar consiste em um fenômeno óptico, composto de um brilho, que pode ser observado nos céus à noite e que ocorre nas proximidades das zonas polares, podendo

²⁰ Auroras boreales en Islandia desde Reykjavik (viajesislandia.com), acesso em novembro de 2023



ser a Aurora boreal, no hemisfério norte, e a Aurora austral, no hemisfério sul, que compreendem os polos magnéticos da Terra.

Periodicamente, as tempestades solares (ou magnéticas) torna-se mais forte e penetra o campo magnético terrestre, induzindo um fluxo de partículas, que interagem com gases no campo magnético, resultando no magnífico fenômeno das auroras. As auroras ocorrem como resultado da colisão entre partículas carregadas (elétrons e prótons) e os gases na camada superior da atmosfera. Essas colisões produzem os flashes responsáveis pela emissão das luzes coloridas. Uma vez que são produzidos milhões de flashes e em sequência, auroras, muitas vezes, são observadas como se estivessem em movimento.

O campo magnético da Terra direciona as partículas carregadas em direção aos polos, e, por isso, que as auroras ocorrem quase todas as noites, entre os meses de agosto a maio, nas regiões polares. Quanto maior a intensidade solar, mais impressionantes se tornam as auroras. Com a redução da atividade solar, as auroras se tornam menos intensas.

As auroras podem ser observadas como uma variedade de cores que incluem verde, vermelho e azul. As cores observadas são determinadas por fatores que incluem, a composição dos gases na atmosfera terrestre, a altitude onde a aurora ocorre, a densidade da atmosfera e o nível de energia envolvido.

A cor verde resulta da colisão das partículas carregadas com as moléculas de oxigênio nas altitudes de 100 a 300 km. As cores rosa e vermelho escuro geralmente ocorrem na borda inferior da aurora, são produzidas pelas moléculas de nitrogênio nas altitudes de 100 km. A cor vermelha ocorre quando a colisão se dá com os átomos de oxigênio em maiores altitudes (de 300 a 400 km). As cores azul e roxa, caracterizam a colisão com moléculas de hidrogênio e hélio, no entanto são difíceis de serem no céu escuro.

É fascinante saber como o nosso planeta funciona, não é?

Pois é. Logo logo você estará concursado e poderá viajar até a Islândia ou a Noruega para ver a Aurora Boreal, e melhor, sabendo como ela é formada. Por isso, continue estudando.

4.2.2 - Magnetismo dos minerais e rochas

O **magnetismo** dos materiais está relacionado com a sua **estrutura atômica**. O átomo pode ser caracterizado como um **dipolo**, em virtude do spin de seus elétrons e da trajetória orbital dos elétrons ao redor do núcleo. Quando dois **elétrons** se encontram no **mesmo estado** (mesma casa), seus **spins** são posicionados de forma **oposta**, formando o que se denomina de elétrons **pareados**. Nesse caso, os momentos magnéticos de seus **spins** se **cancelam**.



Quanto à **suscetibilidade magnética**, os minerais podem ser classificados como **diamagnéticos**, **paramagnéticos** e **ferrimagnéticos**. As substâncias **diamagnéticas** apresentam todas as **casas** de elétrons **completas** e todos os elétrons possuem par. A **suscetibilidade magnética** desses materiais é **fraca e negativa** (no sentido oposto ao campo aplicado). Os materiais **paramagnéticos** possuem as **casas** de elétrons **incompletas**. A sua **suscetibilidade magnética** é relativamente **fraca e positiva** (no mesmo sentido do campo aplicado). Esses materiais podem ser subdivididos em duas outras classificações, que são materiais **ferromagnéticos** e **antiferromagnéticos**.

Nos materiais **ferromagnéticos** os dipolos associados aos *spins* dos **elétrons não pareados** (presente nos materiais paramagnéticos) são magneticamente acoplados entre átomos adjacentes e constituem um domínio magnético, tornando uma união paralela. Esses materiais apresentam uma **magnetização espontânea** muito **forte**, e **alta suscetibilidade magnética**. Substâncias ferromagnéticas incluem o **ferro**, o **cobalto** e o **níquel**, sendo rara a sua ocorrência natural na crosta terrestre.

Nos materiais **antiferromagnéticos**, assim como ocorre nos materiais **ferromagnéticos**, há o **acoplamento magnético** dos dipolos associados aos *spins* dos elétrons não pareados. No entanto, ao contrário do que ocorre nos materiais ferromagnéticos, nos antiferromagnéticos esse acoplamento é **antiparalelo**, e os campos magnéticos dos dipolos se **auto anulam**, e, por isso, **não há efeito magnético externo**. Entre esses materiais, incluem-se a **hematita**.

Nos materiais **ferrimagnéticos**, ocorre a **união** de **dipolos** de forma antiparalela, com intensidades de dipolos diferentes em cada direção. Como resultado, esses materiais podem apresentar uma **forte magnetização** espontânea e uma **alta suscetibilidade magnética**. Os materiais responsáveis pelas propriedades magnéticas dos tipos comuns de rochas estão inclusos nesta classe, sendo o principal deles a **magnetita** (Fe_3O_4) e a **pirrotita** ($\text{Fe}_{(1-x)}\text{S}$).

Dessa forma, as substâncias que apresentam **elevada magnetização** são as **ferromagnéticas** e as **ferrimagnéticas**. A intensidade dessa magnetização **diminui** com a **temperatura** e desaparece à temperatura de Curie. A elevação da temperatura acima da **temperatura de Curie** provoca o aumento das distâncias interatômicas, o que provoca separações que impedem o acoplamento de elétrons. Nesse caso, o material passa a se comportar como uma substância **paramagnética** comum, sem **suscetibilidade magnética**.

Nas **rochas**, a suscetibilidade magnética depende da sua **composição** em termos de minerais ferromagnéticos, além da **quantidade**, **tamanho** e modo de **distribuição** desses minerais. Os minerais **ferromagnéticos**, geralmente, ocorrem em uma matriz de minerais **paramagnéticos** e **diamagnéticos**, representada pelos silicatos. De forma geral, o comportamento magnético das rochas pode ser classificado de acordo com seu conteúdo global de **magnetita**. A suscetibilidade magnética dos principais tipos de rochas é apresentada na Figura 15. As **rochas ígneas** apresentam a **maior suscetibilidade magnética**, e as rochas **sedimentares** apresentam a **menor suscetibilidade magnética**. Dentre as rochas ígneas, a suscetibilidade magnética diminui com a acidez, logo, **rochas básicas** são **mais magnéticas** que as ácidas.



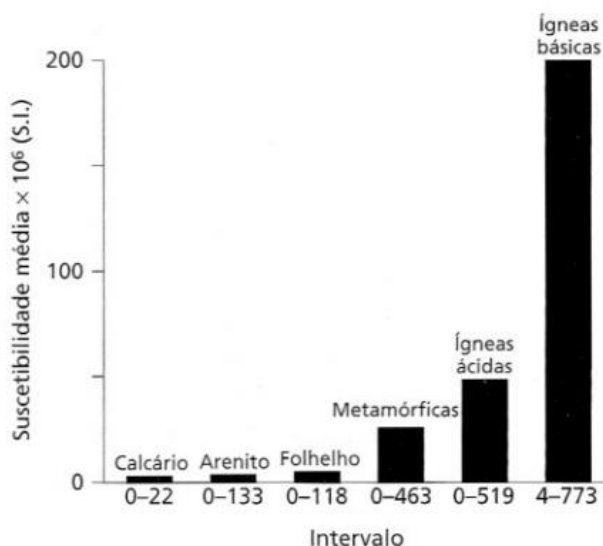
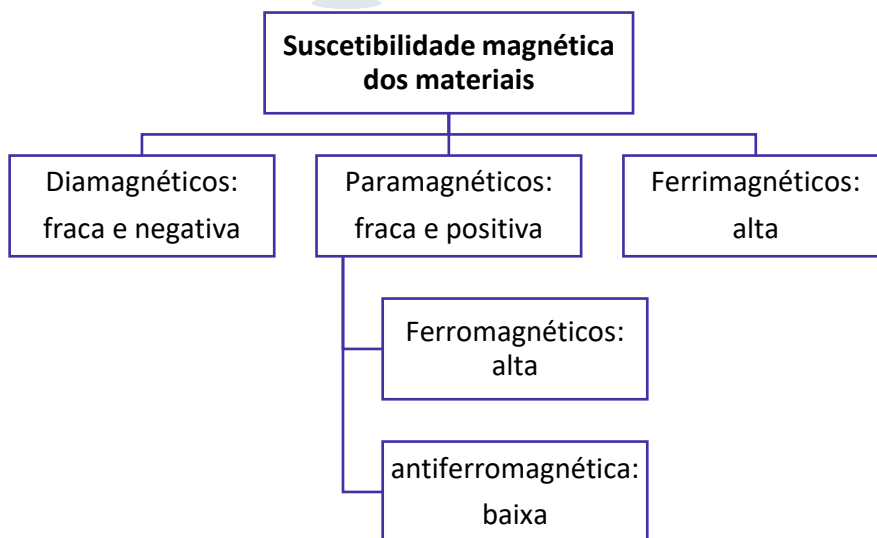


Figura 15 - Histograma da suscetibilidade magnética dos principais tipos de rochas. Fonte Kearey *et al* (2009)²¹

Vamos sintetizar essas informações, para ficar mais fácil o estudo.



RESUMINDO



Mas, professor, como esse conteúdo poderia aparecer na prova?

²¹ KEAREY P. BROOKS M. HILL I. Geofísica de exploração – São Paulo, Oficina de Textos, 2009



Veja, a seguir, como a banca pode tentar te confundir com esse conteúdo:



(Prof. Renê/Inédita - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

A sequência descrita pelas rochas ígneas básicas, pelas rochas ígneas ácidas, pelas rochas metamórficas e pelas rochas sedimentares descreve nessa ordem um aumento de minerais paramagnéticos, os quais são responsáveis pela elevada suscetibilidade magnética das rochas

Comentários:

A sequência das rochas apresentadas na assertiva descreve uma redução da suscetibilidade magnética. Além disso, os minerais paramagnéticos possuem suscetibilidade magnética fraca. Assertiva **incorreta**.

4.3 - Medição do Campo Magnético Terrestre

4.3.1 - Parâmetro medido e unidade de medida

A **magnetização** do material pode ser **medida** considerando o seu campo magnético **interno** ou **externo**. Com relação ao campo **externo** (H), a presença de **dois polos magnéticos** (positivo e negativo) de intensidades p_1 e p_2 , separados por uma distância r produzirá uma força F , que depende da permeabilidade magnética (μ) do meio que envolve os polos e seu valor é dado por

$$F = \frac{p_1 p_2}{\mu r^2}$$

A presença de um polo de intensidade p_1 produzirá, no polo p_2 , posicionado a uma distância r , um campo magnético H , dado por

$$H = \frac{p_1}{\mu r^2}$$

Nesse caso, considera-se que intensidade de p_2 é fraca o bastante para que não influencie o campo H criado pela presença de p_1 . Um material que é submetido ao efeito do **campo H** estará sujeito a uma **intensidade de magnetização** (M) que é **proporcional** ao campo H e que depende da suscetibilidade magnética (κ) do material, conforme a expressão

$$M = \kappa H$$



Considerando o mesmo valor de campo magnético, o material com **maior susceptibilidade** magnética será **mais** fortemente **magnetizado**.

Com relação ao **campo interno**, a magnetização do material é realizada através do **alinhamento** dos **momentos** de **dipolos internos** ao material. O alinhamento dos momentos faz aparecer um **campo adicional** ao campo externo H e resulta no aparecimento de um campo conhecido como **indução magnética** (B). A relação entre o campo magnético B (criado pela indução magnética) e o campo magnético H depende da **permeabilidade magnética** (μ) do material, de forma que:

$$B = \mu H$$

A suscetibilidade magnética e a permeabilidade magnética de um material são relacionadas através da seguinte expressão:

$$\mu = 1 + 4\pi\kappa$$

As unidades de medida dos campos H e B no sistema cgs são **oersted** e **gauss**, respectivamente. A definição dos **parâmetros magnéticos**, no Sistema Internacional de Medidas, é dada em função do fluxo de **corrente elétrica** (i). A relação entre a **taxa de variação** do fluxo magnético em um circuito e a tensão a ele associada é conhecida como **Lei de Indução de Lenz**.

O campo magnético (B) é expresso da forma Vsm^{-2} ou $(Weber (Wb)m^{-2})$. A unidade $(Wb)m^{-2}$ é definida como **tesla** (T). A **permeabilidade magnética** relaciona o **campo magnético** (B) a **força de magnetização** (H) e é expressa como $WbA^{-1}m^{-1}$, definida como $Henry (H)m^{-1}$. A unidade c.g.s. de intensidade de campo magnético é o **gauss** (G) e corresponde a $10^{-4}T$. Nos levantamentos magnéticos, as variações decorrentes das anomalias magnéticas são muito pequenas. Por isso, utiliza-se o **nanotesla** (nT; $1 nT = 10^{-9}T$). Já o sistema c.g.s. utiliza a unidade **gama** (γ), que equivale a $10^{-5}G$.

4.3.2 - Instrumentos

As bancas não têm cobrado sobre a parte de instrumentos, então, não aprofundaremos muito neste tema. No entanto, faz parte do conteúdo, e precisamos ser capazes de acertar uma questão que aborde sobre este tópico.

Os instrumentos mais modernos de levantamento magnético medem apenas a **componente B** do campo magnético. Para os levantamentos, requer que o instrumento tenha uma **precisão** de aproximadamente **0,1nT**, o que é consideravelmente **menor** que a precisão requerida nos levantamentos **gravimétricos**. Os principais magnetômetros utilizados nos levantamentos modernos são o magnetômetro de **fluxgate**, o magnetômetro de **prótons** e o magnetômetro de **bombeamento óptico**.

O magnetômetro **fluxgate** é um instrumento que realiza **leitura contínua**, que fornece leituras virtualmente **instantâneas**, necessitam de uma orientação grosseira. Os levantamentos podem ser realizados na **terra**, no **mar** ou no **ar**. Os levantamentos **aéreos** utilizam mecanismos de orientação para manter o **eixo** do instrumento na **direção** do **campo geomagnético**, o que é realizado com o uso do **sinal** de **resposta** (**feedback**) gerado por sensores adicionais. Esses instrumentos possuem grande sensibilidade para gradientes de campo magnético alinhados longitudinalmente a seu núcleo.



O magnetômetro de **prótons** ou de **pressão nuclear** utiliza um **recipiente** preenchido com um líquido como **querosene** ou **água**, que são enriquecidos em átomos de **hidrogênio**. Uma técnica utilizada nesses sensores para intensificar o sinal gerado e diminuir o ruído é o uso do **Efeito Overhauser**. Nessa técnica, é adicionado, ao **fluido** do sensor, um líquido contendo **elétrons livres** em **órbitas não pareadas**. Com isso, a **tolerância** do gradiente é aproximadamente **três vezes melhor** e as taxas de **amostragem** são **maiores**. Nesses magnetômetros, os levantamentos no ar podem apresentar uma desvantagem, **não realizando** leituras **contínuas**, em virtude do período finito de ciclo.

O magnetômetro de **bombeamento óptico** ou magnetômetro de **vapor alcalino** consistem em uma célula de vidro contendo um metal alcalino evaporado, como césio, rubídio ou potássio, o qual é energizado por uma luz de determinado comprimento de onda. As leituras são realizadas através do processo de **polarização** e **despolarização dos elétrons**, o que ocorre de forma muito rápida, e, portanto, permitindo leituras **instantâneas**. A sensibilidade desses instrumentos pode chegar à **0,01nT**, ainda que seja necessária uma precisão de apenas 1 nT.

Um outro tipo de instrumento utilizado nos levantamentos magnéticos são os **gradiômetros magnéticos**, os quais consistem em magnetômetros diferenciais que possuem um espaço fixo e pequeno entre os sensores, em relação à distância do corpo causador. Esses instrumentos são utilizados no levantamento de feições magnéticas **rasas**. Uma vantagem adicional da utilização desse instrumento é de **remover** automaticamente as no campo geomagnético.

4.4 - Tratamento dos Dados

Após o levantamento magnético, deve-se realizar o tratamento dos dados obtidos, o que inclui as **correções** e **filtragem**. A **correção** consiste no procedimento realizado para **remover** todas as causas de **variação** magnética que **não** foram geradas pelos efeitos magnéticos de **subsuperfície**. Nas correções, elimina-se as variações magnéticas que **não são devidas** às causas **geológicas**. Essas correções incluem a correção da variação **diurna**, a correção **geomagnética**, e as correções de **elevação** e de **terreno**. A **filtragem** é realizada para eliminar efeitos **geológicos indesejáveis**, como aqueles produzidos por **heterogeneidades próximas** da **superfície** ou a **interferência** entre fontes **rasas** e **profunda**. Esse processo permite um melhor **reconhecimento** das **anomalias**

4.4.1 - Correção da variação diurna

A correção **diurna** consiste na **retirada** dos efeitos das variações do campo geomagnético devido às **variações externas**. Essas variações ocorrem devido o campo magnético induzido pelo **fluxo** de **partículas** carregadas dentro da ionosfera em direção aos polos magnéticos. A correção da variação diurna pode ser realizada de diversas formas, a depender da **quantidade** de **magnetômetros** disponíveis e do tipo de levantamento, se **aéreo** ou **terrestre**.

De forma geral, quando se tem **mais** de **um magnetômetro**, um é utilizado para a **medição** do **campo** magnético continuamente em uma **estação fixa** e o **outro** realiza **leituras** nas **diversas estações** de interesse. Quando se há **apenas** um **magnetômetro**, faz-se a leitura em **uma** das **estações periodicamente** (intervalos de 2 a 3 horas) e as **variações** nas medidas obtidas nessa estação é **distribuída linearmente** com o tempo. Essa metodologia é semelhante à utilizada na correção do **drift** do instrumento em gravimetria.



4.4.2 - Correção topográfica

A correção **topográfica** consiste na **retirada** da interferência do **terreno** nas leituras do campo magnético. O efeito da topografia nas medidas magnéticas ocorre, principalmente, devido o **contraste** magnético entre o **terreno** e o **ar**. Essa influência depende das feições do terreno e das características da litologia. Em rochas fracamente magnetizadas, como as **sedimentares**, o efeito topográfico é **fraco** e a correção pode ser desconsiderada. Já em rochas **ígneas**, as interferências do terreno são **mais significativas** e pode prejudicar a interpretação dos dados caso o efeito topográfico não seja corrigido.

Vários métodos são propostos para a correção dos efeitos do terreno nas leituras dos levantamentos magnéticos. No entanto, sua aplicação é de **difícil implementação**, devido à falta de conhecimento preciso da topografia e da distribuição espacial da magnetização. Por isso, na prática, a correção do efeito topográfico dos terrenos magnetizados, quase sempre, não é aplicada.

4.4.3 - Outras correções

Além das correções da variação diurna e topográfica, pode ser necessário realizar outras correções devido às variações no valor medido do campo magnético. Essas variações incluem: efeito da **latitude**, efeito da **elevação** e o efeito da **temperatura**. Os efeitos da **latitude** são, geralmente, inferiores a 10 nT/km. Dessa forma, nos levantamentos realizados sobre áreas **pouco extensas** na direção norte-sul, **não é necessária** a correção de latitude. Nos levantamentos de **grandes escalas**, caso seja necessária maior precisão, essa correção pode ser **requerida**. Para isso, faz-se a subtração, das medidas, o valor do campo normal da Terra, que é representado pelo IGRF.

O efeito da **variação vertical** do campo normal não é superior a 0,03nT, **não** sendo, portanto, **necessária** a correção nos levantamentos **terrestres**. Para os levantamentos **aéreos**, essa correção apenas seria necessária caso a variação na altura do voo fosse de **100 metros**, caso em que a variação no campo magnético seria de 3nT. No entanto, essa variação na altura do voo também é improvável e, por isso, a correção de elevação não é necessária. O efeito da **temperatura** **não** é verificado nos **equipamentos modernos**. No entanto, os equipamentos **mais antigos**, como os variômetros, essa **correção é requerida**, pois são dependentes da temperatura ambiente. O uso desse tipo de instrumento requer o registro da temperatura no momento da medida. Para a correção, utiliza-se tabelas que acompanham os instrumentos.

4.4.4 - Filtragem dos dados

A **filtragem** dos dados consiste na separação do sinal produzido pelas **fontes** de **interesse** daquele produzido pelas fontes **indesejáveis** (ruído). As pequenas **heterogeneidades** nos terrenos, que, geralmente, situam-se mais **superficialmente**, como afloramentos, compactação diferencial, variações da espessura da camada de intemperismo, produzem maiores oscilações nos valores medidos que aqueles produzidos por heterogeneidades maiores e mais profundas.

Considera-se, assim, que as heterogeneidades **superficiais** são de **frequências** mais **altas** que os corpos localizados em **maiores profundidades**. Dessa forma, a filtragem pode ser realizada separando-se os sinais de **frequências diferentes**, o que possibilita a retirada do efeito das fontes indesejáveis, para que sejam



mantidos apenas os efeitos das fontes procuradas nos levantamentos. Os valores resultantes da filtragem representam o **valor residual**.

4.4.5 - Redução ao polo

A **redução ao polo** consiste na **transformação** dos dados originalmente coletados em qualquer **latitude** para a latitude onde a inclinação do campo é **90°**. O procedimento de redução ao polo é importante para que os efeitos da variação da **direção** e da **inclinação** sejam suprimidos dos dados. Isso porque, os padrões anômalos produzidos pela componente da magnetização induzida são diferentes dependendo da latitude, o que se deve à variação da direção e inclinação do campo magnético ao longo da superfície terrestre.

Para a redução ao polo, deve-se conhecer a **direção** de magnetização da **fonte** de anomalia. Por isso, os resultados desse procedimento apenas são satisfatórios quando a anomalia é produzida por **magnetização induzida**. A Figura 16 ilustra o procedimento de redução ao polo. Observa-se que **os dados originais**, antes de realizar a redução ao polo (Figura 16 a,c), **não evidencia a localização** da fonte em subsuperfície. Nesse caso, o centro da fonte não coincide com nenhuma feição característica do perfil anômalo. Já os dados **após** a realização do procedimento de **redução ao polo**, da anomalia provocada por magnetização induzida, apresentam um **pico positivo** sobre o centro da fonte (Figura 16 b). No entanto, esse comportamento não é verificado quando a anomalia é provocada por fonte que possui magnetização **remanescente** (Figura 16 d). Nesse caso o perfil **não** apresenta apenas um **pico** positivo.

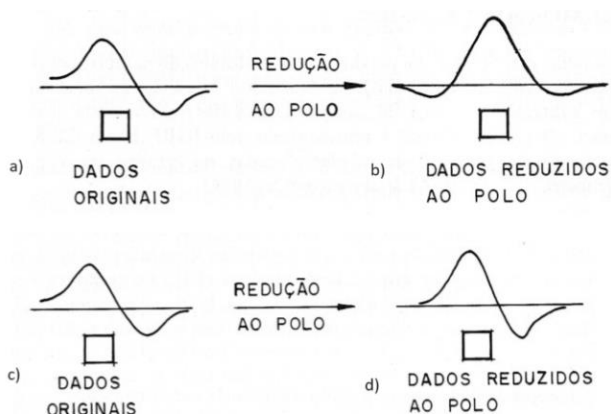
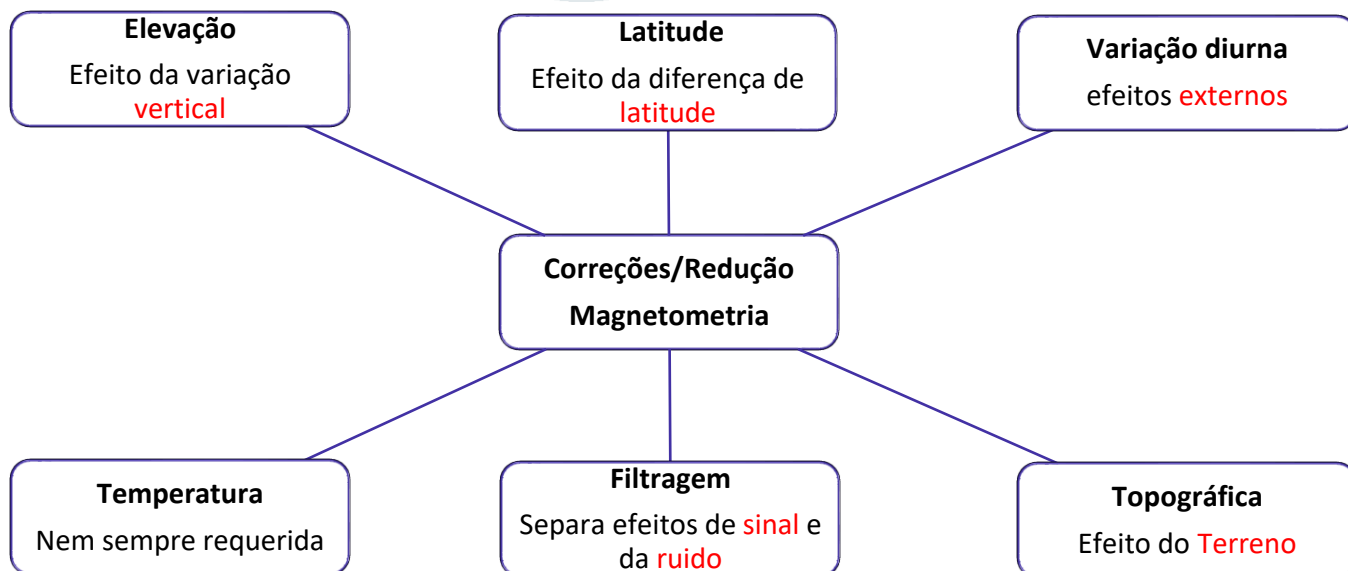


Figura 16 - Representação dos dados originais (a, c) e dos dados após redução ao polo de anomalias de magnetização induzida (b) e magnetização remanescente (d). Fonte Kearey *et al* (2009)²²

²² KEAREY P. BROOKS M. HILL I. Geofísica de exploração – São Paulo, Oficina de Textos, 2009





Mas, professor, como esse conteúdo poderia aparecer na prova?

Veja, a seguir, como a banca pode tentar te confundir com esse conteúdo:



(Prof. Renê/Inédita - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

A redução ao polo é uma técnica de filtragem dos dados do levantamento magnético, que objetiva intensificar os efeitos da inclinação magnética, favorecendo a identificação da anomalia magnética.

Comentários:

A redução ao polo permite que os dados originalmente coletados em qualquer latitude seja analisado como se tivesse sido obtido no polo, onde a inclinação do campo é 90°. Esse procedimento é importante para que os efeitos da variação da direção e da inclinação sejam suprimidos dos dados. O objetivo é corrigir os dados, eliminando a influência da inclinação magnética. Assertiva **incorreta**.

4.5 - Interpretação dos Resultados

O campo **magnético** terrestre varia não apenas em termos de **amplitude**, mas também em **direção**, por isso é significativamente mais complexo que o campo **gravitacional**, que, por definição, é sempre **vertical**. Em



virtude das semelhanças entre os dois métodos, a **interpretação** de anomalias **magnéticas** é **similar** em procedimentos e limitações à interpretação **gravimétrica**. No entanto, como o campo magnético é mais complexo que o campo gravitacional, sua interpretação também apresenta maior grau de complexidade. As **interpretações** das anomalias magnéticas podem ser realizadas de forma **quantitativa** e **qualitativa**. Para as informações **quantitativas** podem ser utilizados métodos **diretos** e **indiretos**.

4.5.1 - Anomalia magnética

Uma **anomalia magnética** é o resultado fornecido pelas **fontes subsuperficiais** de **interesse** na pesquisa, após a **retirada** dos efeitos das fontes magnéticas **estranhas**, como no caso das variações temporais. O dado magnético cru é **processado** para eliminar ou **minimizar** esses **efeitos**, após o que se tem a **anomalia magnética**. A Figura 17 ilustra o conceito de **anomalia magnética**. Nos **levantamentos magnéticos**, os efeitos da **anomalia** são **sobrepostos** ao **campo** da **Terra** e causam uma mudança (ΔB) na intensidade do vetor campo total B (Figura 17C). Além disso, esse efeito produzirá uma variação (ΔZ) no componente vertical (Z) e uma variação (ΔH) na componente horizontal (H), fazendo um ângulo α com H (Figura 17B). A parcela que contribuirá para a anomalia é apenas a parte de ΔH na direção de H , considerando o norte magnético (Figura 17B), denominada de $\Delta H'$ e definida como

$$\Delta H' = \Delta H \cos\alpha$$

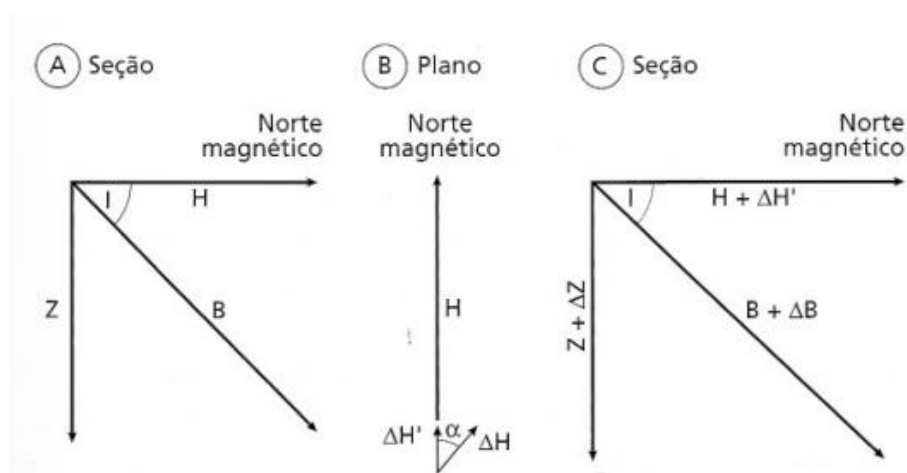


Figura 17 - Representação vetorial do campo magnético sem a anomalia magnética em seção (A) e com a anomalia magnética em plano (B) e em seção (C). Fonte Kearey *et al* (2009)²³

Para se analisar as **anomalias magnéticas**, geralmente, emprega-se **modelos** geométricos **2D** ou **3D** para representar uma **fonte de anomalia isolada**. Podem ser empregados **modelos** mais **complexos** para representar a interação de **diversas fontes** magnéticas. No entanto, alguns modelos simples podem ser empregados, considerando que pequenas irregularidades nas fontes, geralmente, não causam perturbações significativas no campo magnético anômalo.

²³ KEAREY P. BROOKS M. HILL I. Geofísica de exploração – São Paulo, Oficina de Textos, 2009



4.5.2 - Interpretação direta

O método de interpretação **direta** visa, principalmente, a determinação da **profundidade-limite** das anomalias magnéticas. Para a obtenção desse parâmetro é utilizada a propriedade de rápido decaimento com a distância da fonte. Nas anomalias **rasas**, predominam componentes de **comprimentos de onda curtos**, enquanto nas mais **profundas** predomina os componentes com **comprimento de onda maiores**. O **procedimento** realizado na **estimativa** da **profundidade limite** consiste no cálculo do **espectro de potência** da anomalia. Essa técnica é utilizada tendo em vista que o logaritmo do espectro de potência tem um gradiente linear e a sua **magnitude** depende da **profundidade** da fonte. As estimativas de profundidade são controladas pelas componentes de altos números de onda do campo observado. Dessa forma, para essas estimativas, não é necessário realizar correção geomagnética ou diurna, uma vez que essas correções removem apenas as componentes de baixo número de onda.

Outro método que pode ser utilizado na determinação da profundidade de fontes magnéticas é derivado da técnica denominada de **Deconvolução de Euler**. Essa técnica é baseada na relação de **homogeneidade** de Euler dada por

$$(x - x_0) \frac{\partial T}{\partial x} + (y - y_0) \frac{\partial T}{\partial y} + (z - z_0) \frac{\partial T}{\partial z} = N(B - T)$$

Sendo (x_0, y_0, z_0) a **localização** da **fonte magnética** que possui anomalia magnética de campo total igual a T no ponto (x, y, z) , B é o campo regional e N é uma medida da taxa de variação de um campo com a distância. O valor de N é diferente para diferentes tipos de fontes magnéticas. Para resolver a equação, mede-se os **gradientes das anomalias** para várias áreas e adota-se um valor de N. Apesar do método de Deconvolução de Euler apresentar uma **estimativa mais rigorosa** para a profundidade, quando comparado com outros métodos, a sua implementação é de maior **dificuldade**.

4.5.3 - Interpretação indireta

A interpretação **indireta** da anomalia magnética é realizada através da utilização de **modelos** que visam **igualar** a anomalia calculada à observada, fazendo **ajustes** no modelo de forma **iterativa**. Tal processo é similar ao realizado nas anomalias gravimétricas. Para a maior parte dos corpos que possuem a **forma regular**, a anomalia magnética pode ser calculada como sendo o **efeito combinado** de uma série de **dipolos paralelos** à direção de magnetização. Os corpos uniformemente magnetizados podem ser representados por um conjunto de polos magnéticos distribuídos sobre sua superfície. No entanto, para os casos em que o corpo magnético é uma **camada horizontal infinita, não é produzida** anomalia magnética. Para os corpos de forma **regular**, a anomalia **magnética** pode ser calculada através da **distribuição** dos **polos** sobre a superfície do corpo através da relação

$$\textit{intensidade de polo por unidade de área} = J \cos \theta$$

Sendo J a intensidade de magnetização e θ o ângulo entre o vetor magnetização e uma direção normal a essa face. Após os cálculos, os efeitos de todos os elementos são somados, o que produz as anomalias verticais e horizontais para todo o corpo.



Mas, professor, como esse conteúdo poderia aparecer na prova?

Veja, a seguir, como a banca pode tentar te confundir com esse conteúdo:



(Prof. Renê/Inédita - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

O método de levantamento magnético, assim como o gravimétrico, utiliza fontes naturais (ou potenciais) e, por isso, apesar de variar em termos de magnitude, ocorre sempre na direção vertical.

Comentários:

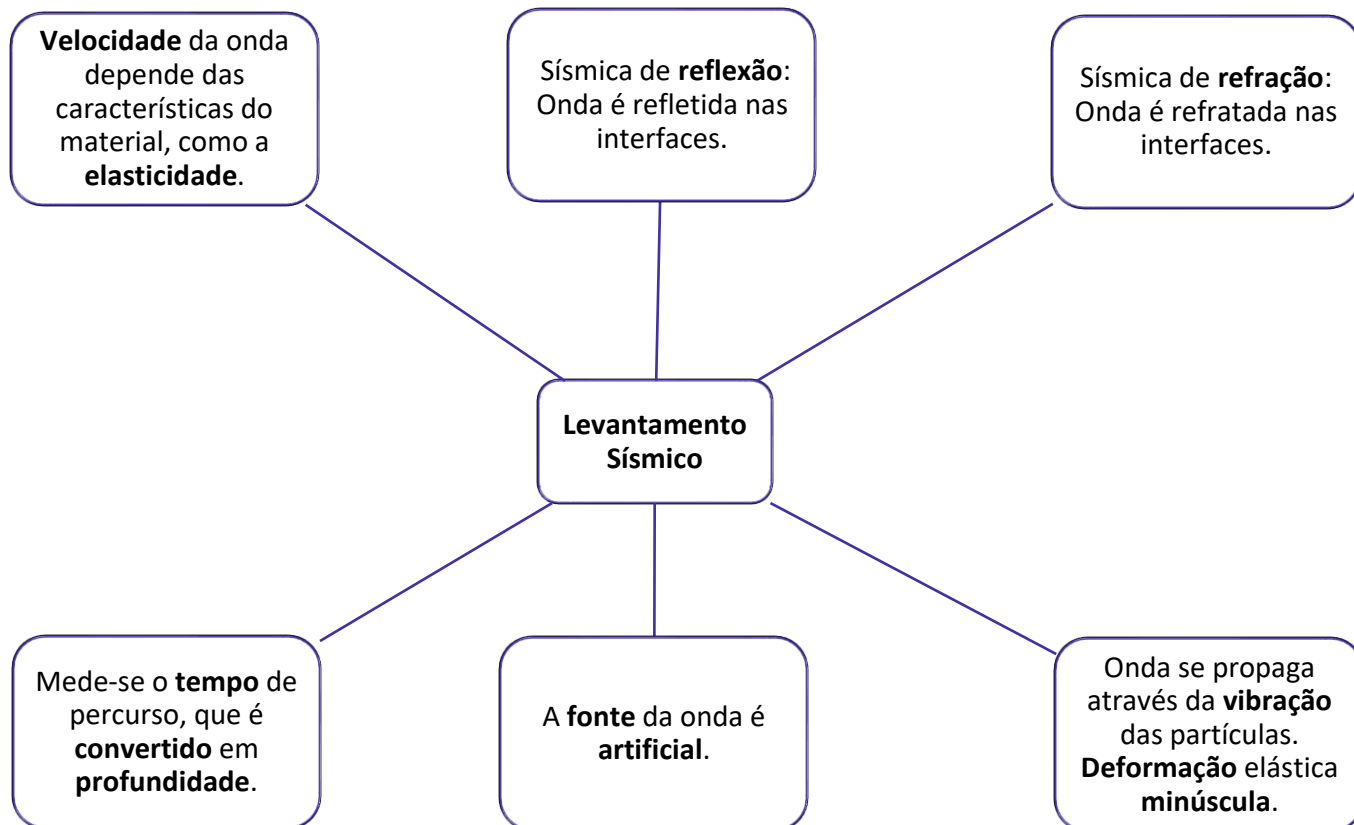
O campo magnético terrestre varia não apenas em termos de amplitude, mas também em direção, por isso é significativamente mais complexo que o campo gravitacional, que, por definição, é sempre vertical. Assertiva **incorreta**.

5 - Levantamento Sísmico

O **levantamento sísmico** se baseia no comportamento da **onda sísmica** que se propaga em subsuperfície. Essas ondas consistem em **energia acústica** emitidas a partir de uma **fonte** e sua propagação se dá através da **vibração** das partículas dos materiais, produzindo **deformação elástica minúsculas** no meio. As fontes capazes de gerar essas ondas incluem **terremotos** e **explosões**. Nos levantamentos sísmicos, as ondas sísmicas são criadas por uma fonte **artificial**, nas imediações da **superfície** do **terreno**. O método se baseia na medição do **tempo de percurso** das ondas em vários pontos, através de **instrumentos** distribuídos ao longo da superfície do terreno. Os tempos de percurso da onda sísmica são convertidos em valores de **profundidade**, o que permite inferir sobre a distribuição das **interfaces geológicas**.

A **velocidade** com que a onda propaga nos materiais depende das **características** desses materiais, como, a **elasticidade**. Quando essas ondas encontram meios com **propriedades elásticas diferentes**, parte da energia é **refletida** e parte é **refratada**. Desses comportamentos das ondas sísmicas, resultam os dois métodos sísmicos: a **sísmica de refração** e a **sísmica de reflexão**.



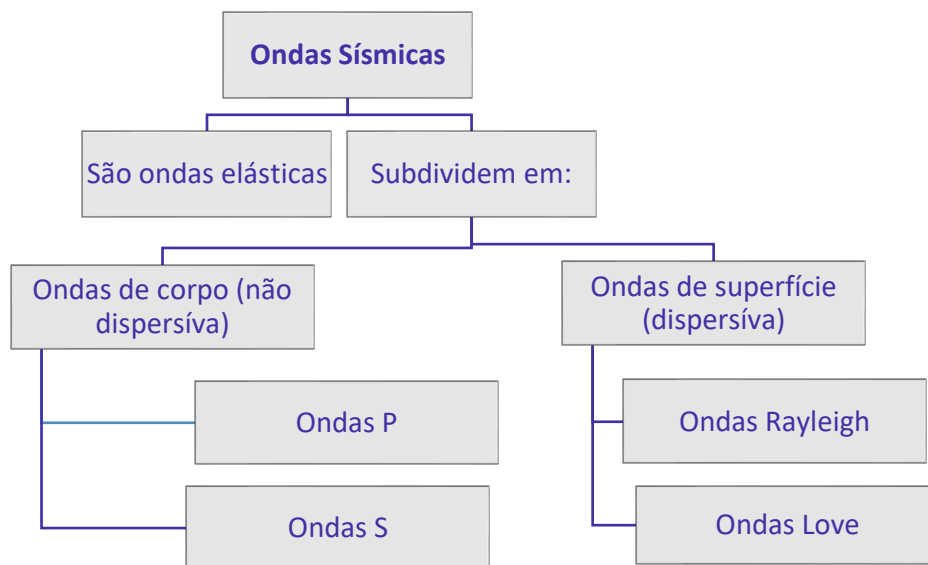


5.1 - Ondas Sísmicas

Ondas sísmicas são **movimentos vibratórios** das partículas das rochas. São um tipo de onda **elástica** e sua propagação se dá pela **energia** transmitida através dos corpos. A geração das ondas sísmicas está relacionada com as **vibrações** que ocorre devido aos terremotos, por exemplo. Após a passagem da onda, a rocha volta ao seu estado normal, uma vez que as ondas são elásticas, de forma que, para baixos níveis de energia, as rochas **não se deformam permanentemente**. No entanto, nos pontos **próximos** às **fontes** sísmicas, sejam naturais ou artificiais, a **energia é intensa** e, por isso, o material poderá sofrer **deformação permanente**.

As ondas sísmicas podem ser classificadas como ondas de **corpo** ou ondas de **superfície**. As ondas de **corpo** são subdivididas em ondas **P** e ondas **S**. As ondas de **superfície**, por outro lado, são as ondas **Rayleigh** e as ondas **Love**.





5.1.1 - Ondas de corpo

As **ondas de corpo** são aquelas que se propagam através do volume de um **sólido** elástico, podendo ser **compressionais** ou **cisalhantes**. Essas ondas são caracterizadas por serem **não dispersivas**, sendo sua **velocidade** relacionada pelo **módulo elástico** e pela **densidade** do material. As ondas **compressionais** possuem as **maiores velocidades** e, por isso, são denominadas de **primárias** (ondas P). As ondas P, são ondas **longitudinais** e a perturbação é **paralela** à sua direção de propagação (Figura 5A), ocorrendo de forma uniaxial (compressão e expansão). Nas ondas **cisalhantes**, a vibração das partículas ocorre com ângulos elevados, assumindo menores velocidades que as ondas compressionais, sendo denominadas de **secundárias** (ondas S). As ondas S são ondas **transversais** e a perturbação ocorre de forma **perpendicular** à direção de propagação (Figura 5B).

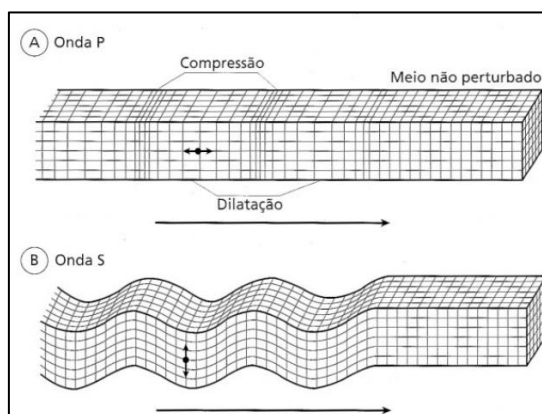


Figura 18 - Deformações elásticas e movimentos de partículas do terreno associados à passagem de ondas de corpo: (A) Ondas P; (B) Ondas S. Fonte Kearey *et al* (2009)²⁴

²⁴ KEAREY P. BROOKS M. HILL I. Geofísica de exploração – São Paulo, Oficina de Textos, 2009



A **deformação** sofrida pela rocha com a passagem das ondas pode ser **longitudinal** (devido à onda P) ou **cisalhante** (em resposta à passagem da onda S). A deformação **longitudinal** é medida pelo parâmetro **elástico K** e a deformação **cisalhante** é **proporcional** ao parâmetro μ ou **módulo de cisalhamento**. Uma onda de corpo se propaga em um material homogêneo e isotrópico com uma **velocidade** (v) dada por:

$$v = \sqrt{\frac{\text{módulo elástico do material}}{\text{densidade do material}}}$$

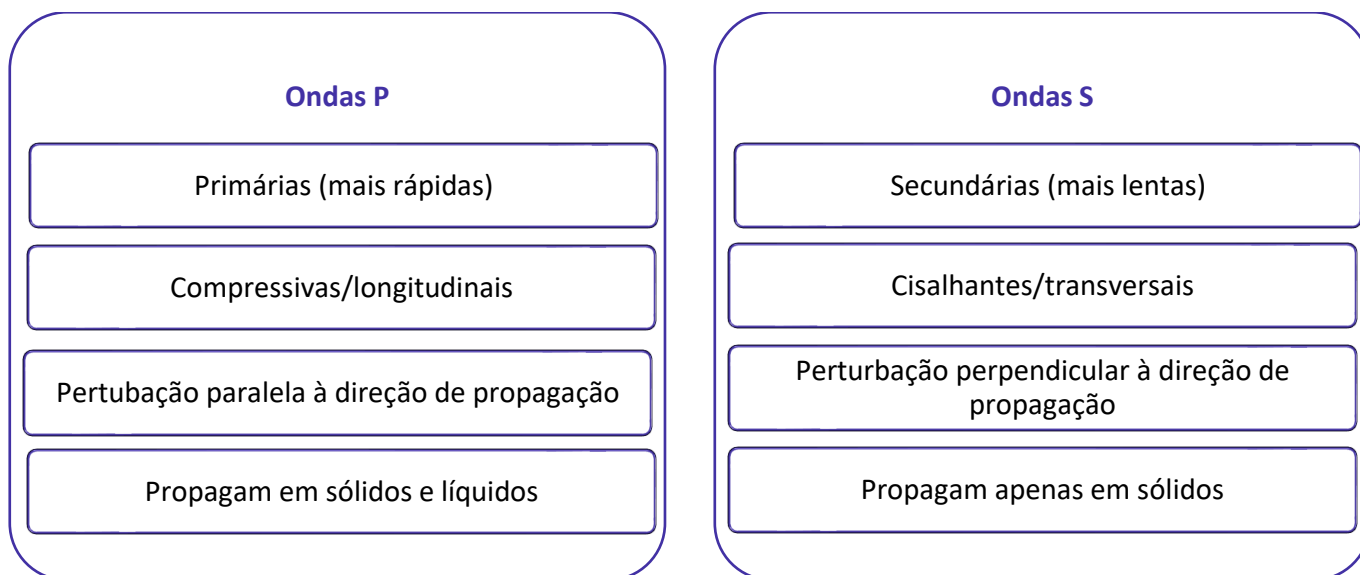
A relação entre as velocidades da onda compressional (v_p) e da onda cisalhante (v_s) depende apenas do valor da **razão de Poisson** (σ), podendo ser dada por

$$\frac{v_p}{v_s} = \sqrt{\frac{2(1 - \sigma)}{1 - 2\sigma}}$$

Para as rochas, o valor de σ é aproximadamente igual a **0,25**. Logo, tem-se a relação

$$v_p \approx 1,7v_s$$

A razão v_p/v_s **independe** da **densidade** do material, e pode ser usada para determinar o valor de σ , que é informativo do tipo de litologia. Da relação entre a v_p e v_s , abstrai-se que as ondas **P** viajam em **maior velocidade** que as ondas S. Esse é um dos motivos pelos quais a maior parte dos levantamentos sísmicos utilizam apenas as ondas P. Por outro lado, as ondas **S** fornecem maiores informações para fins de **engenharia**, permitindo estimativas dos **módulos elásticos**, que estão relacionados com as propriedades **geotécnicas**.



5.1.2 - Ondas superficiais

As ondas **superficiais** são aquelas que se propagam ao longo das superfícies que limitam um sólido elástico. São ondas **dispersivas**, ou seja, os componentes de **frequência** de um pulso de onda alteram sua **velocidade** durante o deslocamento através de um material. As ondas de superfície incluem as ondas **Rayleigh** e as ondas **Love**.



A **dispersão** é uma propriedade que as ondas de superfície apresentam e que se refere ao fato de assumirem diferentes **comprimentos de onda** para cada **frequência** que se propaga. Isso ocorre porque cada componente de frequência tem uma **velocidade** de propagação (velocidade de fase), a qual depende do terreno no qual se propaga. Portanto, a dispersão é um fenômeno que ocorre devido à mudança de velocidade de propagação com a **profundidade**.

Em muitas pesquisas sísmicas, que utilizam ondas de corpo, essas ondas superficiais são consideradas como **ruído**, e, portanto, essas características dispersivas não são desejáveis. No entanto, as propriedades dispersivas das ondas podem ser de **interesse** em muitos estudos **geotécnicos**, pois fornecem importantes informações sobre as **propriedades elásticas** dos terrenos superficiais.

Um dos métodos que utiliza a propriedade dispersiva das ondas é o ensaio **MASW**, que emprega o registro das ondas de superfície para a obtenção da variação da **velocidade** da onda em função da **profundidade**. O detalhamento sobre esse método será abordado na aula de Geofísica Aplicada.

As ondas **Rayleigh** podem ocorrer nas **superfícies** livres dos materiais ou na interface entre dois meios sólidos cujas características são diferentes. Durante a sua propagação, as partículas descrevem **movimentos elípticos** em um plano **perpendicular** à superfície, caracterizando um **movimento retrógrado** (Figura 19). Como as ondas **Rayleigh** envolvem **deformações cisalhantes**, são restritas aos meios **sólidos**. Sua **velocidade** e **amplitude** variam com a **profundidade** abaixo da superfície e o seu padrão de **dispersão** pode fornecer importantes informações a respeito dos materiais em subsuperfície.

As ondas **Love** também ocorrem nas **superfícies** dos corpos e são caracterizadas por movimento **cisalhamento** polarizada, em que as partículas se movem de forma **paralela** à superfície livre e **perpendicularmente à direção de propagação**. Essas ondas ocorrem em superfícies estratificadas, quando a velocidade das ondas de cisalhamento na camada superficial é mais baixa que a da camada subjacente.



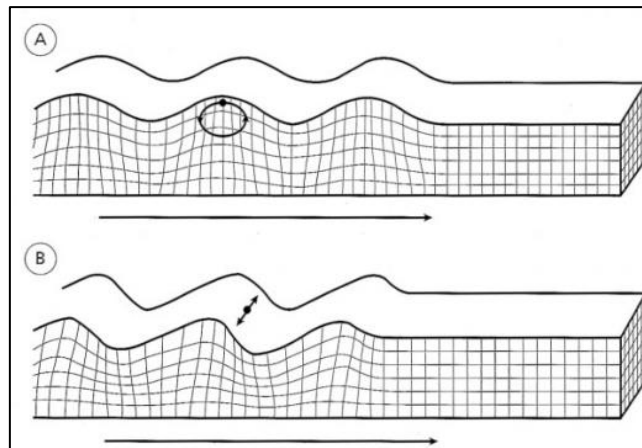


Figura 19 - Deformações elásticas e movimentos de partículas do terreno associados à passagem de ondas superficiais: (A) Ondas Rayleigh; (B) Ondas Love. Fonte Kearey *et al* (2009)²⁵

Ondas Rayleigh

Superficiais

Movimentos elípticos/retrógrado

Deformação de cisalhamento

Amplitude varia com a profundidade

Ondas Love

Quando a superfície é estratificada

Cisalhantes/transversais

Deformação de cisalhamento

Movimento da partícula paralela à superfície livre e perpendicular à direção de propagação

5.1.3 - Elementos e trajetórias de uma onda

Imagine que você pegue uma marreta e dê um **golpe** no chão. Esse golpe transmitirá aos materiais em subsuperfície uma determinada **energia**. A forma que essa energia se propaga pelos materiais é por meio das **ondas sísmicas**. Para entendermos como ocorre a propagação dessa onda através dos materiais, vamos relembrar alguns conceitos da Física.



Na Figura 20, são ilustrados os elementos que compõem uma onda. A **fonte** consiste na **origem** da onda, o ponto em que ocorreu a **perturbação** e, a partir do qual, ocorreu a **propagação** da **energia**. Considerando

²⁵ KEAREY P. BROOKS M. HILL I. Geofísica de exploração – São Paulo, Oficina de Textos, 2009



que essa propagação ocorre em um material **homogêneo**, apresentará uma forma **radial**, sendo que, em um dado momento, todos os pontos atingidos por esse pulso caracterizarão uma **esfera**.

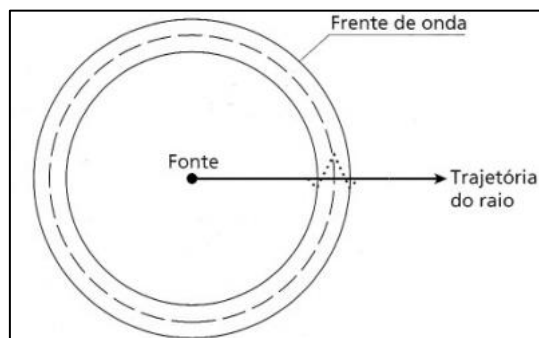


Figura 20 - Trajetória do Raio e frente de onda Fonte Kearey *et al* (2009)²⁶

A **frente de onda** é definida como a **envoltória** esférica formada pela distribuição da energia que se propaga através de um meio homogêneo. O conceito de **raio sísmico** é utilizado para descrever os finos **feixes** de energia, que avançam ao longo de **trajetórias de raio**, as quais, em um meio isotrópico, são **perpendiculares** à frente de onda e expande com o tempo. Os raios são linhas traçadas perpendicularmente às frentes de onda, a partir da fonte, e obedecem ao princípio de **Fermat**. De acordo com esse princípio, a **luz** sempre escolhe o caminho **mais rápido** ao se propagar em um meio. Tal princípio é **aplicado** não apenas à luz, mas a **todos** os outros **tipos de ondas**, como as **sísmicas**. Esse princípio é válido para descrever o comportamento da frente de onda ao incidir em um **obstáculo**.

Ao longo da trajetória do raio, a **amplitude** da onda gradualmente **diminui**, e esse decréscimo é denominado de **atenuação**. A **energia** contida no raio da frente de onda **decai** devido ao efeito de **espalhamento** geométrico da energia. Além disso, o fato do **terreno** não ser perfeitamente elástico contribui para essa perda de energia, que é absorvida pelo meio como resposta das **perdas friccionais** internas.

REFLEXÃO E REFRAÇÃO DA ONDA

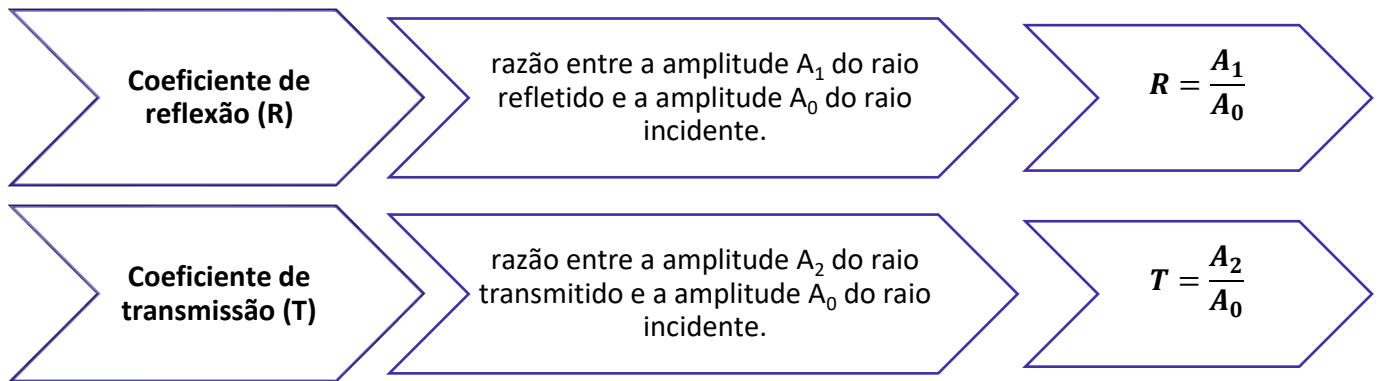
Quando o pulso sísmico encontra uma interface entre duas **camadas** de rochas de propriedades diferentes, ocorre uma mudança na sua **velocidade** de propagação. Nessas interfaces, a **energia** contida no pulso é **dividida**, sendo parte **transmitida** e parte **refletida**. As características dos pulsos como **amplitude**, **velocidade** dependem das **características do meio**, como a densidade, e do ângulo de incidência. O produto da **densidade** do meio pela **velocidade** da onda é denominado de **impedância acústica**.

A impedância acústica de um material está relacionada com as suas **propriedades**, sendo que, quanto mais **rígida** é a rocha, mais alta é a sua impedância. O **menor contraste** de impedância acústica em uma interface resulta na **maior propagação** de energia transmitida através da interface. Por outro lado, quanto maior o contraste entre os dois materiais, mais energia é refletida. Dois conceitos relacionados com o efeito de uma

²⁶ KEAREY P. BROOKS M. HILL I. Geofísica de exploração – São Paulo, Oficina de Textos, 2009



interface de impedância acústica na propagação da onda são o **coeficiente de reflexão (R)** e o **coeficiente de transmissão (T)**, que são definidos por:



Em uma interface de duas rochas distintas, a **maior parte** da energia sísmica incidente é **transmitida** e apenas uma pequena porção é refletida.

Para as rochas, o coeficiente de reflexão (**R**) raramente excede 0,5, geralmente é inferior a **0,2**.

Considere, agora, que um **raio** de **onda P** incide **obliquamente** sobre uma **interface** com **impedância acústica**. Nesse caso, energia compressiva (onda P) incidente é **convertida** em **quatro fases** (Figura 21A), duas de raios de onda **refletida** (onda S e onda P) e duas de ondas **refratadas** (ondas S e P). As amplitudes assumidas por cada uma das fases dependem do **ângulo de incidência** θ . Analisando apenas a parcela refletida e refratada da onda P (Figura 21B), incidente com um ângulo θ_1 , a **Lei de Refração de Snell** define que:

$$\frac{\text{sen}\theta_1}{v_1} = \frac{\text{sen}\theta_2}{v_2}$$

sendo θ_1 o ângulo de inclinação do raio de onda que se propaga em uma dada camada com a velocidade v_1 e θ_2 o ângulo de inclinação do raio que se propaga em uma camada com uma velocidade v_2 . Como o raio **refletido** se propaga na **mesma camada** do **raio incidente**, sendo a velocidade nesse meio, uma só, o ângulo de **incidência** do raio é **igual** ao ângulo de **reflexão**.

Nos casos em que a o raio passa de uma camada de **menor velocidade** para uma de **maior velocidade** ($v_2 > v_1$), o raio refratado se **distancia da normal** ($\theta_2 > \theta_1$). Por outro lado, se o raio de onda passa de uma camada de **maior velocidade** para uma de **menor velocidade** ($v_2 < v_1$), o raio refratado se **aproxima da normal** ($\theta_2 < \theta_1$).



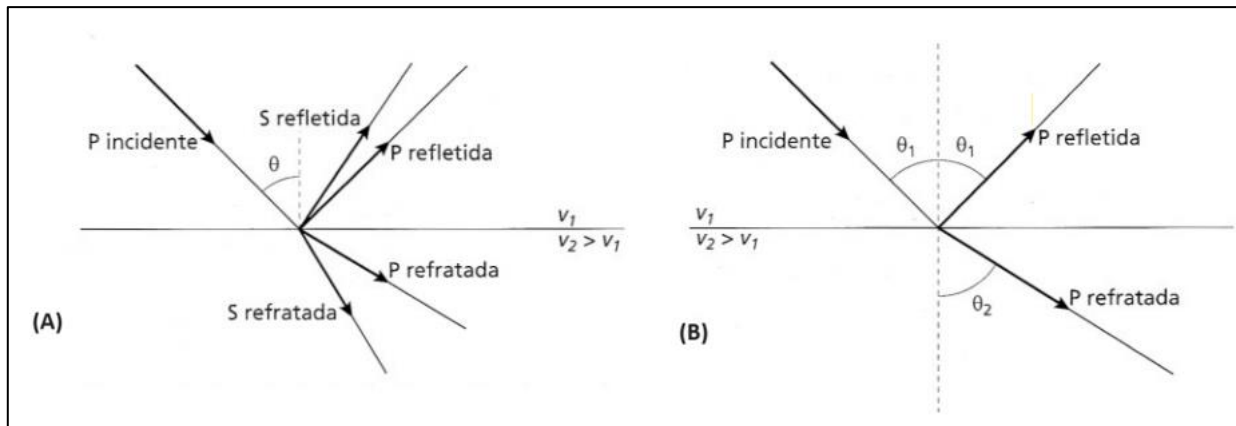


Figura 21 - Raios de onda P refletidos e refratados, a partir de um raio P obliquamente incidente Fonte Kearey *et al* (2009)²⁷

REFLEXÃO TOTAL

Quando o **raio** de onda **passa** de uma camada de **menor velocidade** para uma de **maior velocidade**, o ângulo de incidência pode ser tal que o ângulo de **refração** é **igual a 90°**, de forma que o raio é **criticamente refratado** e **viaja** ao longo da **interface** dos dois materiais com uma velocidade superior a v_2 . Esse ângulo de incidência é denominado de **ângulo crítico**, acima do qual, ocorrerá **reflexão interna total**. Ou seja, quando o ângulo de **incidência** é **maior** que o **ângulo crítico**, ocorrerá **reflexão total**. Esse fenômeno ocorre apenas para as **ondas P**. No caso das ondas S ocorre a conversão para uma gama de ângulos maiores.

Como efeito da refração crítica é a geração da **onda frontal**, que são onda que se deslocam em uma camada em direção à superfície com uma velocidade superior a velocidade que a onda teria naquela camada. Considerando a Lei de Snell, o ângulo crítico pode ser calculado através da equação

$$\frac{\text{sen}\theta_c}{v_1} = \frac{\text{sen } 90^\circ}{v_2}$$

$$\theta_c = \text{sen}^{-1}\left(\frac{v_1}{v_2}\right)$$

Ressalta-se que os fenômenos de **reflexão** e **transmissão** de energia sísmica ocorrem quando as **interfaces** com **contraste** de **impedância** são **contínuas** e **aproximadamente planas**. No entanto, quando esses critérios não são satisfeitos, como ocorre em **continuidades abruptas** ou em estruturas com o **raio de curvatura menor** que o comprimento de onda das ondas incidentes, não mais se aplicam os fenômenos de reflexão e refração. Nesses casos, ocorre o fenômeno descrito como **difração**.

DIFRAÇÃO

²⁷ KEAREY P. BROOKS M. HILL I. Geofísica de exploração – São Paulo, Oficina de Textos, 2009



A difração consiste numa **difusão radial** da energia sísmica incidente em uma superfície com **descontinuidade**. Num levantamento sísmico, as fontes comuns desse fenômeno incluem as **bordas de camadas** falhadas e pequenos **objetos isolados**, como matacões, em uma camada que seria homogênea²⁸.

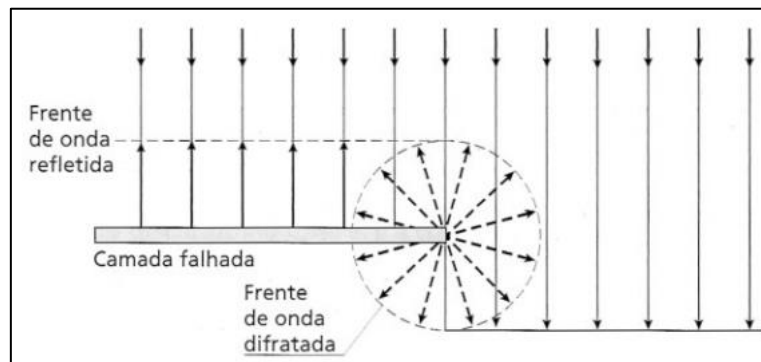


Figura 22 - Representação do fenômeno de difração da onda sísmica Fonte Kearey *et al* (2009)²⁹

O **Princípio de Huygens** explica alguns aspectos essenciais do fenômeno da difração. De acordo com esse princípio, cada ponto na **frente** de onda atua como uma **fonte**, produzindo ondas **secundárias** que se espalham em todas as direções e se propagam para além da região já atingida pela onda original e com a **mesma frequência** que ela. De acordo com esse princípio, entende-se que **cada** nova **frente de onda** é formada pela **interferência** de infinitas fontes, que irradiaram a partir da frente de onda anterior. Uma vez que o número de fontes é infinito, a **soma** dos efeitos gerados pela fonte secundária resultará numa **integral**.

A **interferência** de ondas ocorre quando mais de um pulso se propaga numa **mesma direção** e em **sentidos opostos**. Quando esses pulsos se encontram, ocorre o fenômeno da **superposição**, no qual, há o **somatório** dos efeitos das ondas. A superposição das ondas pode resultar em interferência **construtiva**, quando a **amplitude** da onda resulta em **maiores valores**, e interferência **destrutiva**, quando a **amplitude** é **reduzida**.

Outro princípio aplicado às ondas é o Princípio da **Reciprocidade**, segundo o qual, em um meio **homogêneo**, o **padrão** de transmissão da onda é o mesmo **independente da direção**. De acordo com esse princípio, caso a onda altere o sentido de propagação, não haverá mudança no seu comportamento.

²⁸ KEAREY P. BROOKS M. HILL I. Geofísica de exploração – São Paulo, Oficina de Textos, 2009

²⁹ KEAREY P. BROOKS M. HILL I. Geofísica de exploração – São Paulo, Oficina de Textos, 2009





RESUMINDO

Princípio de Huygens	Cada ponto na frente de onda atua como uma fonte .
Princípio de Fermat	A luz sempre escolhe o caminho mais rápido .
Princípio da Reciprocidade	Caso a onda altere o sentido de propagação, não haverá mudança no seu comportamento.
Atenuação	Diminuição da amplitude da onda. Energia decai devido ao espalhamento .
Impedância acústica	O produto da densidade do meio pela velocidade .
Difração	Difusão radial da energia sísmica incidente em uma superfície com descontinuidade .
Interferência	Quando mais de um pulso de propaga numa mesma direção e em sentidos opostos. Ocorre a superposição . Difusão radial da energia sísmica incidente em uma superfície com descontinuidade .

Mas, professor, como esse conteúdo poderia aparecer na prova?

Veja, a seguir, como a banca pode tentar te confundir com esse conteúdo:



HORA DE PRATICAR!

(Prof. Renê/Inédita - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

As ondas sísmicas são movimentos vibratórios das partículas das rochas, sendo que as ondas de superfície possuem maiores velocidades e, por isso, são denominadas de primárias ou ondas P.

65

174



Comentários:

As ondas sísmicas podem ser subdivididas em ondas de corpo e ondas de superfície. As ondas de corpo incluem as ondas compressoriais ou longitudinais e as ondas transversais. As ondas compressoriais possuem maior velocidade e por isso são denominadas de ondas primárias, P, enquanto as ondas transversais são denominadas de secundárias, S. As ondas de superfície são a onda Rayleigh e onda Love. Logo, a assertiva está **incorreta**.

5.2 - Levantamentos Sísmicos de Reflexão e de Refração

Os **levantamentos sísmicos** são realizados através do **registro** dos movimentos do terreno causados por uma **fonte** conhecida, cuja **localização** também seja **conhecida**. Esse **registro** do **movimento** do terreno no tempo consiste no **sismograma**, que representa a **informação** básica utilizada para a **interpretação** dos dados **sísmicos**. Os instrumentos capazes de **detectar** as **ondas** sísmicas são chamados de **geofones**. Quando o levantamento é realizado em **oceanos** ou **lagos**, esses instrumentos são denominados de **hidrofone**. O instrumento que registra o sinal das detectado das ondas são os **sismógrafos**, e esses registros realizados pelos **sismógrafos** constituem os **sismogramas**. As **escalas** de investigação podem variar de um **metro** ou menos, na engenharia, até dezenas de **quilômetros** nos estudos crustais ou do manto superior.

Nos **levantamentos sísmicos**, é necessária a geração de um **pulso** sísmico com uma **fonte**, a **deteção** das ondas sísmicas no solo por meio de um **transdutor** e o **registro** e apresentação das formas da onda sísmica por meio de um **sismógrafo**. Uma fonte sísmica pode gerar três diferentes tipos de raios. O raio **direto**, o raio **refletido** e o raio **refratado**, conforme indicado na Figura 23.

O raio **direto** viaja ao longo de uma trajetória **retilínea**, através da camada **superior**, desde a **fonte** até o **detector**, a uma velocidade v_1 (velocidade correspondente à camada 1). O raio **refletido** incide obliquamente na interface entre a camada 1 e a camada 2 e é **refletido** de volta para o detector através da **camada superior**, com velocidade correspondente a essa camada. O raio **refratado** apresenta trajetória distinta do raio refletido pois entre a trajetória de **descida** até a **interface** das camadas e a trajetória de subida até o detector, o raio percorre ao longo do segmento da **interface** entre as **duas camadas**, com a velocidade v_2 mais alta que a velocidade v_1 .

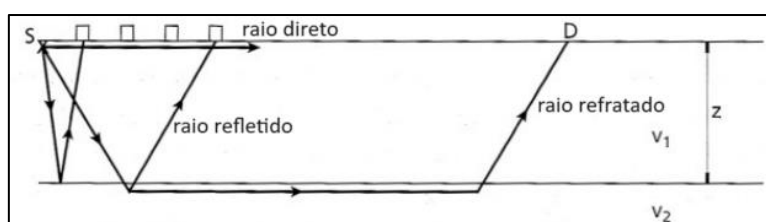


Figura 23 - Representação das trajetórias percorridas pelos diferentes raios de onda. Fonte Modificado de Kearey *et al* (2009)³⁰

Os **tempos** de percurso dos raios direto, refletido e refratado são dados por:

³⁰ KEAREY P. BROOKS M. HILL I. Geofísica de exploração – São Paulo, Oficina de Textos, 2009



Raio direto	$t_{direto} = \frac{x}{v_1}$
Raio refletido	$t_{refletido} = \frac{(x^2 + 4z^2)^{1/2}}{v_1}$
Raio refratado	$t_{refratado} = \frac{x}{v_2} + \frac{2z \cos \theta_c}{v_1}$

em que x é a distância horizontal da fonte S até o detector, v_1 e v_2 são as velocidades do raio de onda na camada 1 e na camada 2, respectivamente e z é a espessura da camada 1. Os gráficos que relacionam a o tempo de percurso dos raios direto, refletido e refratado são apresentados na Figura 24. Da análise do gráfico, depreende-se que³¹:



- A **primeira chegada** da energia sísmica num detector de superfície a uma determinada distância da fonte superficial é sempre um **raio direto** ou um raio **refratado**.
- O **tempo** de percurso do raio **refratado** é **menor** que o do raio **direto** à distância de **cruzamento** (crossover distance) x_{cross} . Para distâncias superiores a x_{cross} , a primeira chegada é sempre de um raio **refratado**.
- Até a distância **crítica** (critical distance), x_{crit} , a energia **refratada não atingirá** a superfície.
- À distância **crítica**, os tempos de percurso de raios **refletidos** e **refratados coincidem**, seguem a mesma trajetória.
- Os raios **refletidos nunca** são **primeiras** chegadas, são sempre precedidos por raios diretos, e além da distância crítica, pelos raios refratados.

³¹ KEAREY P. BROOKS M. HILL I. Geofísica de exploração – São Paulo, Oficina de Textos, 2009



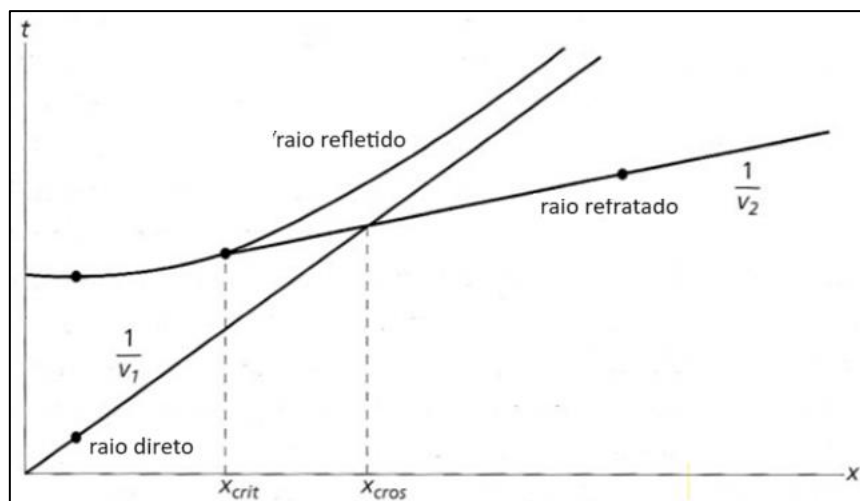
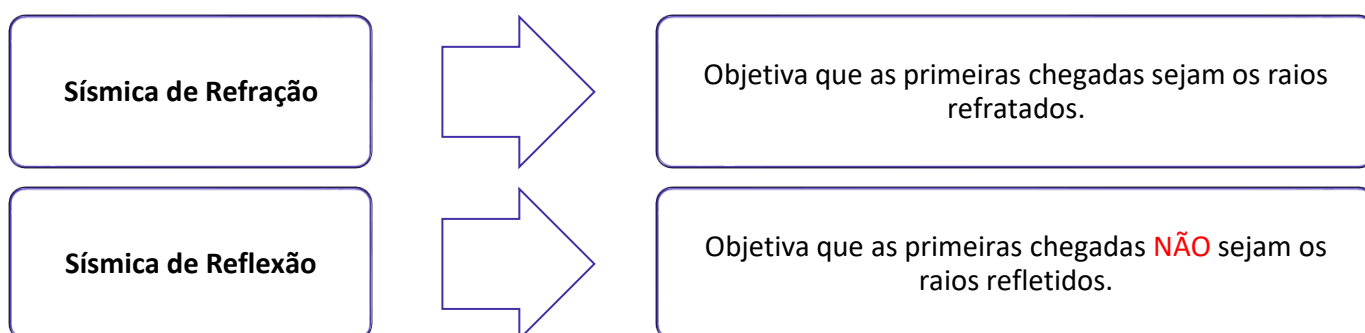


Figura 24 - Curvas dos tempos de percurso para os raios direto, refletido e refratado. Fonte Modificada de Kearey *et al* (2009)³²

As curvas de **tempo** de **percurso** para os raios **refratados** e **refletidos** permitem calcular a **profundidade** da **interface** entre as camadas superior e inferior. Em decorrência dessas diferenças das **trajetórias** dos raios de ondas sísmicas, **dois métodos** podem ser utilizados nos **levantamentos sísmicos**, que são o levantamento sísmico de **refração** e o levantamento sísmico de **reflexão**. Nos levantamentos de **refração**, importa o registro das ondas **refratadas**. Por isso, os **detectores** devem ser posicionados a uma **distância** da fonte **superior** à distância de **cruzamento**. Isso garantirá que as **primeiras chegadas** sejam os **raios refratados**. Isso significa que, quanto **maior** a **profundidade** do refrator, **maior** deve ser o **afastamento** em que as chegadas refratadas precisam ser registradas.

Nos levantamentos sísmicos de **reflexão**, objetiva-se que as fases **refletidas nunca** sejam as **primeiras chegadas**, e que sejam de **amplitudes** muito **baixas**. Os **refletores geológicos** apresentam **coeficientes** de **reflexão pequenos**. Por isso, os sinais de reflexão são mascarados por registros sísmicos de amplitudes mais altas, como ondas de corpos diretas, refratadas e ondas de superfícies.



³² KEAREY P. BROOKS M. HILL I. Geofísica de exploração – São Paulo, Oficina de Textos, 2009



Em decorrência das influências dos outros registros nos levantamentos sísmicos de **reflexão**, esse método requer a distinção desse tipo de energia e outros tipos de **ruídos** sincrônicos.

No levantamento sísmico de **reflexão**, os registros são restritos a **pequenas distâncias** de afastamento, bem **menores** que a distância **crítica**.

A **resolução** de um levantamento determina a **menor estrutura** que pode ser detectada, e é determinada pelo **comprimento** do pulso. Esse comprimento ou duração é determinado pela **frequência** máxima e pela **largura** de banda do sinal registrado.

Mas, professor, como esse conteúdo poderia aparecer na prova?

Veja, a seguir, como a banca pode tentar te confundir com esse conteúdo:



(Prof. Renê/Inédita - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

O tempo de percurso do raio refratado é menor que o do raio direto à distância de cruzamento (*crossover distance*) x_{cross} . Para distâncias superiores a x_{cross} , a primeira chegada é sempre de um raio direto. Até a distância crítica (*critical distance*), x_{crit} , o raio direto não atingirá a superfície.

Comentários:

Esse tipo de questão é típico de prova. Assertivas longas, como essa, devem ser analisadas por partes, e com calma, pois, com tantas afirmações, fica fácil de se confundir ou deixar passar algum erro escondido. Vamos analisar cada afirmação.

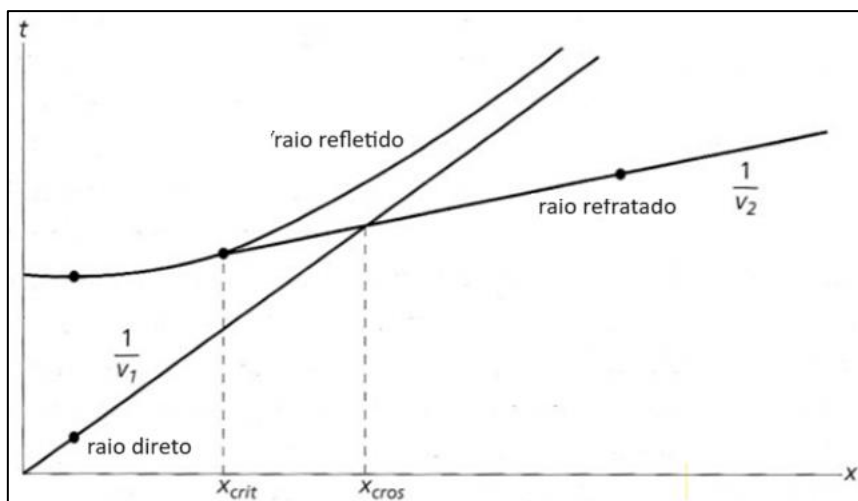
1 - O tempo de percurso do raio refratado é menor que o do raio direto à distância de cruzamento (*crossover distance*) x_{cross} . **Correto**.

2 - Para distâncias superiores a x_{cross} , a primeira chegada é sempre de um raio direto. **Errado**. Para distâncias superiores a x_{cross} , a primeira chegada é sempre de um raio refratado.

3 - Até a distância crítica (*critical distance*), x_{crit} , o raio direto não atingirá a superfície. **Errado**. Até a distância crítica (*critical distance*), x_{crit} , a energia refratada não atingirá a superfície.

Assertiva está **incorreta**. Todas essas afirmações são extraídas do diagrama que relaciona o tempo (t) de chegada da onda em função da distância (x) entre a fonte e o detector. Observe abaixo.





5.3 - Sísmica de Reflexão

A sísmica de **reflexão** é o método que se baseia nos **pulsos** de **energia** sísmica **refletidos** pelas interfaces geológicas. Nesse método, faz-se a medição dos **tempos** de percurso e sua conversão em estimativas de **profundidade** das interfaces. As **velocidades** variam verticalmente e lateralmente, devido às mudanças das **propriedades** físicas da litologia. Nos levantamentos sísmicos de reflexão, o tempo (t) de percurso do raio refletido, a uma distância horizontal (x) do ponto de tiro até o detector é dado por

$$t = \frac{(x^2 + 4z^2)^{\frac{1}{2}}}{V}$$

sendo z a espessura da camada e V a velocidade da onda naquela camada. Considerando a distância horizontal (x) igual a zero, o tempo de percurso de um raio refletido verticalmente é

$$t_0 = \frac{2z}{V}$$

Essas equações definem o gráfico de **tempo** de **percurso** dos raios refletidos pela **distância** de **afastamento** - curva tempo-distância como uma **hipérbole**, em que o eixo de simetria é o eixo do tempo. Uma forma para determinar a **velocidade** de **percurso** da onda é através do **sobretempo**, que consiste na diferença entre os tempos de percurso t_1 e t_2 das chegadas dos raios refletidos, registrados em duas distâncias de afastamento, x_1 e x_2 , sendo

$$t_2 - t_1 \approx \frac{x_2^2 - x_1^2}{2V^2 t_0}$$

No levantamento **sísmico** de **reflexão**, importa, também, a determinação do **sobretempo normal** (NMO, do inglês *normal moveout*), o qual é dado, para uma certa distância de afastamento x , da fonte, como a diferença no tempo de percurso ΔT entre as chegadas refletidas para x e para o afastamento zero, sendo calculado através da equação



$$\Delta T = t_x - t_0 \approx \frac{x^2}{2V^2 t_0}$$

Os raios **refletidos** em uma **interface** e que retornam à superfície são as reflexões **primárias**. Em um pacote multiestratificado, ocorre a reflexão em mais de uma interface, caracterizando o retorno dos raios à superfície por **múltiplas trajetórias**. Esses raios são denominados de **reverberações** ou **reflexões múltiplas**, que são caracterizadas por **amplitudes** mais **baixas** que as primárias, devido à **perda** de **energia** que ocorre a cada reflexão.

Duas **reflexões múltiplas** que possuem **amplitudes comparáveis** às reflexões **primárias** são as reflexões-**fantasmas** e a as **reverberações** de **lâmina d'água**. As reflexões **fantasmas** consistem em raios provenientes de uma **carga explosiva enterrada**, refletidos de volta pela superfície do solo ou pela base da camada intemperizada, chegando à superfície logo após a primária. As reverberações de **lâmina d'água** são raios provenientes de uma **fonte marítima**, que são repetidamente refletidos pelo fundo do mar e pela superfície do mar.

A **resposta** combinada do meio **estratificado** e do sistema de **registro** ao pulso sísmico e o seu registro consecutivo é definido como **traço sísmico**. O traço sísmico consiste no **registro** pelo **detector** dos **pulsos refletidos**, sendo que a modulação da amplitude desses pulsos depende da **distância percorrida** e dos **coeficientes** de **reflexão** das interfaces. A representação gráfica dos traços sísmicos recebidos pelo detector é denominada de **sismograma**.

O objetivo do **processamento** sísmico consiste na tentativa de **reconstrução** das camadas geológicas. Esse procedimento envolve, a **remoção** dos **ruídos**, a determinação e **remoção** do **pulso** de **entrada**, determinação da **função velocidade** e **conversão** do eixo do **tempo** para a **profundidade** e a determinação das **impedâncias acústicas** das formações.

A **resolução vertical** do levantamento de reflexão depende do **comprimento** do pulso. Dependendo da resolução, será possível a maior ou menor **percepção** dos **refletores** individuais. A **resolução** vertical **reduz** com a **profundidade**. Em **altas profundidades**, as ondas tendem a apresentar **baixa frequência** e **altas velocidades**, o que se deve à perda das altas frequências por absorção e aos efeitos da sedimentação dos sedimentos.

A **resolução horizontal** depende de fatores **intrínsecos** ao **processo** físico de reflexão e ao **espaçamento** dos **detectores**. Considerando um refletor plano, a **amostragem horizontal** é **metade** do **espaçamento** entre detectores. O espaçamento menor dos detectores possibilita a correlação de reflexões geradas a partir da mesma interface. Assim como a resolução vertical, a resolução horizontal **reduz** com o **aumento** da **profundidade** do refletor

No processo de **reflexão** há um **limite** para a **resolução horizontal**, a qual é dada pela largura da **zona de Fresnel**. A zona de Fresnel ou primeira zona de Fresnel consiste na parte da interface a partir da qual a **energia retorna** para um **detector**. Quando os refletores estão separados por uma **distância menor** que a largura da zona de Fresnel, **não** é possível serem **distinguidos**, e por isso representa um **limite absoluto** para a resolução horizontal.



A largura da zona de Fresnel (w) depende do **comprimento** de **onda** dominante (λ) e da **profundidade** (z) do refletor, em condições em que z é muito maior que o comprimento de onda, sendo calculada como

$$w = (2z\lambda)^{1/2}$$

Observa-se que o aumento da profundidade resulta no aumento do tamanho da primeira zona de Fresnel. Nos levantamentos de reflexão, o valor de **w** deve ser estimado e o **espaçamento** dos geofones **não** deve ser **maior** que **um quarto** daquela largura.

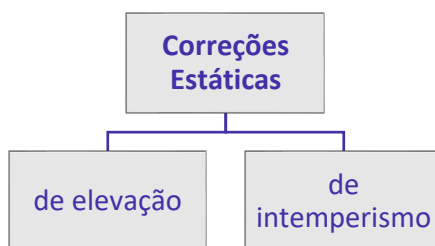
A **apresentação** dos dados de levantamento sísmico é feita na forma de **seções sísmicas**. Nessas seções, os traços empilhados de afastamento nulo são plotados lado a lado e os eixos de tempo na vertical. Com essa representação, a distribuição dos refletores em subsuperfície pode ser mapeada.



Nas seções sísmicas, a dimensão vertical é **tempo**, e não profundidade.

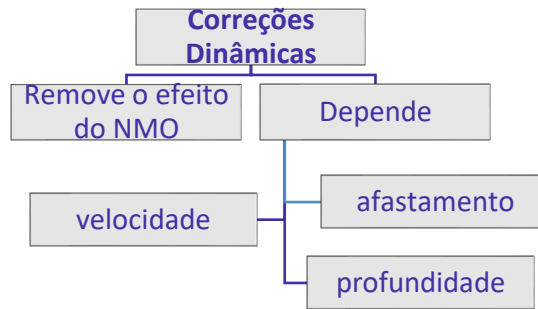
As **correções** que devem ser realizadas nos levantamentos sísmicos de reflexão são as correções **estáticas** e **dinâmicas**. As correções **estáticas** são uma correção de **tempo fixo** aplicada a um traço inteiro. As correções **dinâmicas** variam em **função** do **tempo** de reflexão.

As correções **estáticas** são realizadas para considerar o efeito da variação das **elevações** do **terreno** e a **geologia** próxima à superfície, uma vez que essa é muito variável, em decorrência das diferenças no grau de **intemperismo**, dos depósitos superficiais inconsolidados e da variação da profundidade do **nível** freático. O efeito dessas variações é o **deslocamento** dos eventos de reflexão em traços adjacentes para posições diferentes de seus **tempos** reais, acarretando **interpretações** de **falsas** estruturas nos refletores mais profundos. As duas correções estáticas são de elevação e de intemperismo.

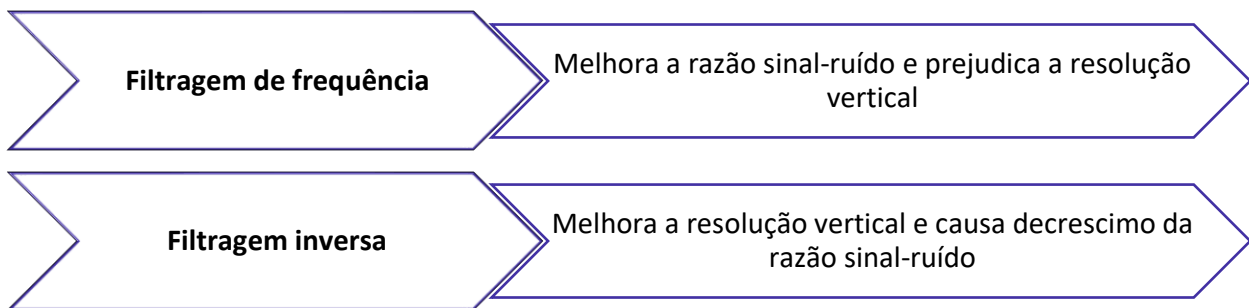


A correção **dinâmica** é aplicada aos tempos de reflexão com o objetivo de remover o efeito do **sobretempo normal** (NMO). O valor da correção é numericamente igual ao NMO, e **depende** do **afastamento**, da **velocidade** e da **profundidade** do refletor.



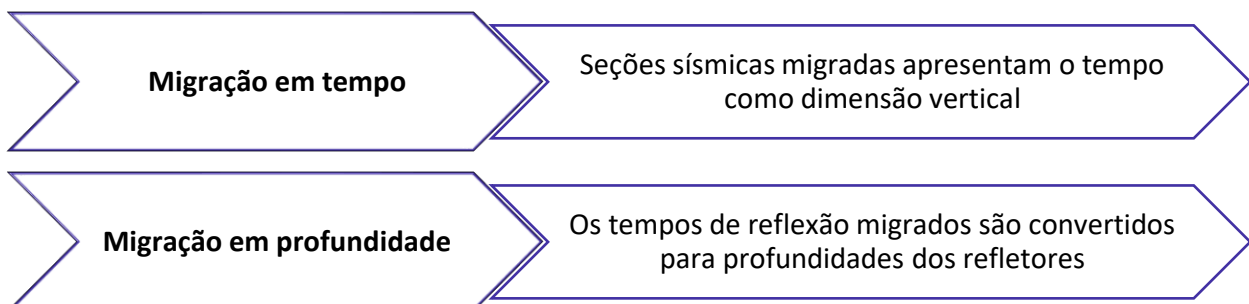


Durante o **processamento** dos dados do levantamento sísmico de reflexão, objetiva-se **umentar** a **razão sinal-ruído** (SNR) e **melhorar** a **resolução vertical** (RV) dos traços sísmicos individuais. Os dois tipos de **filtragem** utilizadas com esse objetivo são a **filtragem de frequência** e a **filtragem inversa** (deconvolução). O efeito desses dois processos são:



Em alguns levantamentos sísmicos de reflexão, o **posicionamento** do refletor pode estar **deslocado** devido a presença de componentes de **mergulho** ao longo da linha de aquisição, de forma que a sua posição não é corretamente identificada. O processo de **reconstrução** de uma seção sísmica de modo que os eventos de reflexão sejam reposicionados sob suas corretas localizações em superfície e nos tempos de reflexão verticais corretos é denominado de **migração**.

O processo de migração também permite a **focalização** da **dispersão** de energia sobre uma zona de Fresnel e a **atenuação** dos padrões de **difração** produzidos por refletores pontuais e camadas falhadas. Por isso, a migração também **melhora** a **resolução** das seções sísmicas. A migração pode ser realizada em **tempo** e em **profundidade**.



5.4 - Sísmica de Refração

A sísmica de **refração** é o método que se baseia nos raios sísmicos **refratados** em subsuperfície e que retornam para a superfície. Nesse método, importa a **primeira chegada** (ou *onset*) da energia sísmica. Essa abordagem simples, contudo, nem sempre produz um quadro completo ou acurado de subsuperfície, podendo requerer **interpretações** mais **complexas**. Sua aplicação se dá em situações em que há camadas de diferentes velocidades ou quando a velocidade varia suavemente com a profundidade ou lateralmente.

Alguns sismogramas de refração podem conter **eventos** de **reflexão**, que ocorre, principalmente, devido aos coeficientes de reflexão relativamente altos, incidindo numa interface segundo ângulos próximos do **ângulo crítico** e que levam a reflexões de grande ângulo. Essas reflexões são comumente detectadas nos **intervalos maiores**, os quais correspondem aos levantamentos de refração.

Nos levantamentos de refração, objetiva-se que as primeiras chegadas sejam ondas refratadas. Por isso, nesses levantamentos, são utilizadas **linhas de perfis** suficientemente **longas**. Esses perfis, tipicamente necessitam de comprimentos entre **cinco** e **dez** vezes ao valor da **profundidade**. Para a detecção de refratores profundos, necessita-se que suficiente **energia** seja transmitida às **maiores profundidades**, e, por isso, são necessárias **fontes** sísmicas **maiores**.

Para o caso de duas camadas com interface horizontal, a determinação do **tempo** de percurso total ao longo da trajetória do raio refratado pode ser realizada por

$$t = \frac{x}{v_2} + \frac{2z \cos \theta}{v_1} = \frac{x}{v_2} + \frac{2z(v_2^2 - v_1^2)^{1/2}}{v_1 v_2}$$

Em que x é o espaçamento entre a fonte e o detector, z a espessura da camada, v_1 e v_2 as velocidades da onda na camada 1 e 2, respectivamente, e θ é o ângulo crítico.

Mas, professor, como esse conteúdo poderia aparecer na prova?

Veja, a seguir, como a banca pode tentar te confundir com esse conteúdo:



(Prof. Renê/Inédita - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

O coeficiente de reflexão consiste na razão entre a amplitude do raio refletido e a amplitude do raio incidente e, geralmente, é superior a 0,2.

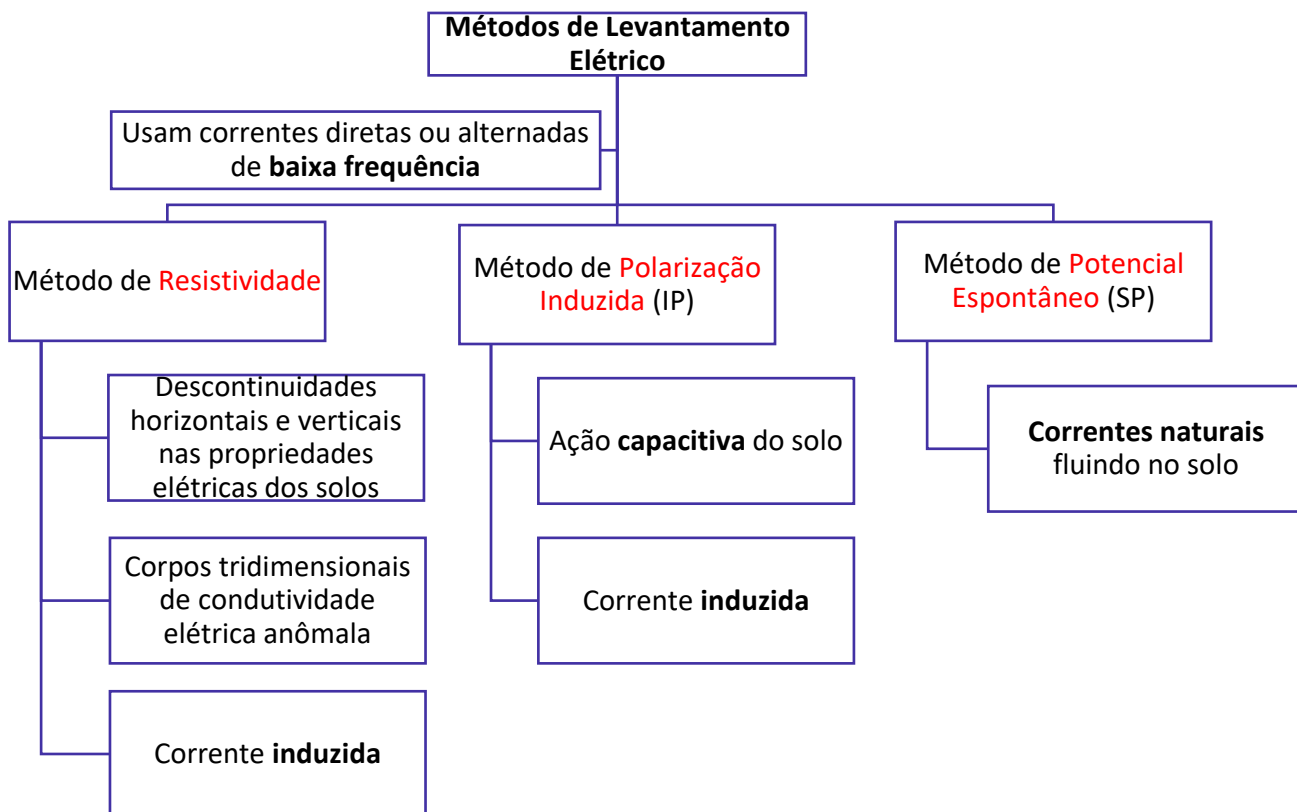
Comentários:



O coeficiente de reflexão consiste na razão entre a amplitude do raio refletido e a amplitude do raio incidente. Para as rochas, o coeficiente de reflexão raramente excede 0,5 e geralmente é inferior a 0,2. Logo, a assertiva está **incorreta**.

6 - Levantamento Elétrico

Os métodos de levantamento elétrico são aqueles que se baseiam nas propriedades físicas relacionadas às **características elétricas** dos materiais. Os métodos elétricos incluem o método de **resistividade**, o método de **polarização induzida** e o método de **potencial espontâneo**. A depender do método, podem utilizar os campos **naturais** da terra ou requerer a introdução no solo de correntes geradas **artificialmente**. Os diferentes métodos elétricos e seus fundamentos são sintetizados a seguir.



6.1 - Método de Resistividade

O método de resistividade mede a diferença de potencial dos materiais a partir da **introdução** de **correntes** elétricas no solo. Com base na resposta obtida, são inferidas as **formas** e as **propriedades** elétricas dos materiais em subsuperfície. A eletrorresistividade se baseia no conceito fundamental da Lei de Ohm, que estabelece que a corrente (I) é proporcional à voltagem (V) conforme a expressão

$$V = R.I$$



sendo R a resistividade. A **resistividade** de um material pode ser definida como a medida de quão fortemente esse material se **opõe** ao **fluxo** de **corrente elétrica**. A propriedade **oposta** à resistividade é a **condutividade**, a qual informa sobre a **facilidade** que um material oferece à **passagem** da **corrente elétrica**. A **unidade de medida** da resistividade no SI é o **ohm-metro** e da condutividade é o $\text{ohm}^{-1}\text{m}^{-1}$.

Os **minerais** e **rochas** apresentam grande **variação** do parâmetro de resistividade. Como a maioria dos materiais formadores de rocha são **isolantes**, a **corrente** elétrica através de uma rocha é **conduzida** principalmente pela passagem de íons nas **águas** dos poros. A condutividade na maior parte das rochas ocorre mais por processos **eletrolíticos** que por processos eletrônicos.

A **condutividade** das rochas está diretamente relacionada à sua **porosidade** e com o grau de **saturação** desses poros. Como as rochas **sedimentares** apresentam maior **porosidade** que as rochas cristalinas, sua **resistividade** tende a ser **menor**. No entanto, a presença de **fraturas** e **fissuras** nas rochas cristalinas, ou seja, a **porosidade intergranular**, também auxilia na diminuição da sua resistividade. Conforme indicado na Figura 25, as rochas apresentam uma grande variabilidade de resistividade. Além disso, as faixas de resistividade das rochas se sobrepõem, e, por isso, o uso dos dados de resistividade é **limitado** para a identificação do tipo de rocha.

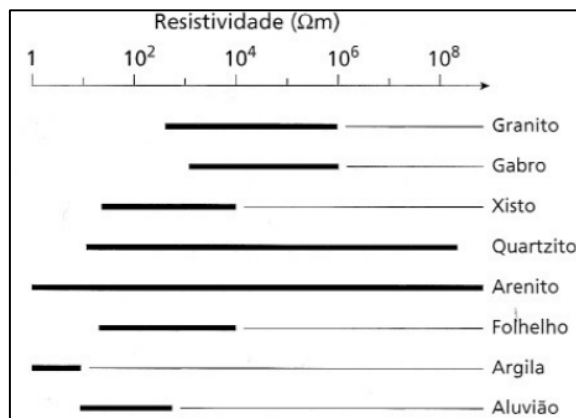


Figura 25 - Intervalo aproximado dos valores de resistividade dos tipos comuns de rochas. Fonte Kearey *et al* (2009)³³

Na **aplicação** do método de **resistividade**, introduz-se uma **corrente contínua** na terra através de **dois eletrodos** (hastes de metal), indicados pelas letras **A e B** na Figura 26, os quais são conectados aos terminais de uma **fonte portátil**. A medição da **diferença** de **potencial** resultante é **medida** através de outros **dois eletrodos**, letras **C e D** na Figura 26, conectados aos terminais de um **voltímetro**. A medição da **diferença** de **potencial** e o conhecimento da **corrente elétrica** injetada possibilita a determinação da **resistência elétrica** do material através da seguinte expressão

³³ KEAREY P. BROOKS M. HILL I. Geofísica de exploração – São Paulo, Oficina de Textos, 2009



$$\rho = \frac{2\pi\Delta V}{1 \left\{ \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right) - \left(\frac{1}{R_A} - \frac{1}{R_B} \right) \right\}}$$

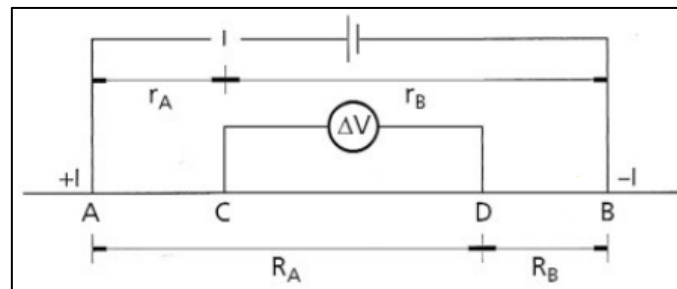


Figura 26 - Configuração do eletrodo para a medição da eletroresistividade. Fonte Kearey *et al* (2009)³⁴

Em um **solo uniforme**, a **resistividade** é **constante** e independe do espaçamento dos eletrodos e da localização na superfície. No entanto, para as situações em que o material em subsuperfície não é homogêneo, a **resistividade varia** com as **posições** relativas dos **eletrodos**. Dessa forma, o valor calculado é denominado de **resistividade aparente**.

A **profundidade** de **penetração** da corrente **aumenta** com o **aumento** da **separação** dos **eletrodos** de corrente. O **fluxo** de corrente que é injetada até uma determinada **profundidade** depende da **separação** entre os **eletrodos**. O **espaçamento** dos eletrodos de corrente deve ser determinado em função da **profundidade** de **investigação**, sendo que, para que ocorra a **energização**, esse espaçamento deve ser pelo menos **igual** a **profundidade**. Devido à dificuldade em estender longos comprimentos de cabo, a **profundidade** de investigação pelo método de resistividade é **limitada** à cerca de **1 km**.

Os levantamentos de resistividade podem ser empregados por dois procedimentos, que são a **sondagem elétrica vertical** (SEV) e o **caminhamento de separação constante** (CST). A **SEV** é utilizada na investigação de **interfaces horizontais** ou quase horizontais, observando **variação vertical** da resistividade. Sua aplicação envolve a investigação da resistividade de subsolo para projetar subestações elétricas e a identificação da espessura de camadas de rochas sedimentares. Nas **sondagens**, a **variação vertical** da **resistividade** é detectada a partir do **aumento** do **espaçamento** entre **eletrodos** em sucessivas leituras.

O **caminhamento de separação constante** ou **caminhamento elétrico**, é utilizado com o objetivo de determinar as **variações verticais** de resistividade. Nesta técnica, investiga-se a **variação lateral** da resistividade. Suas aplicações envolvem a análise de **contatos geológicos**, **falhas**, **fraturas**, **prospecção mineral**, entre outros. No CST, mantém-se a uma **separação fixa** entre a corrente e os eletrodos de potencial, e o conjunto é progressivamente movido ao longo do perfil. O resultado pode ser utilizado na produção de **mapas de contorno** de resistividade.

As diferentes técnicas de eletroresistividade podem ser aplicadas através de diferentes arranjos, sendo eles, **Wenner**, **Schlumberger**, **Dipolo-Dipolo**, **Polo-Dipolo**, **Polo-Polo**, e **Arranjo Gradiente**. Nesses arranjos, podem ser realizadas operações denominadas de **embreagem**, que têm o objetivo de **melhorar** as **leituras**

³⁴ KEAREY P. BROOKS M. HILL I. Geofísica de exploração – São Paulo, Oficina de Textos, 2009



de **potenciais**. A realização de embreagens consiste em **umentar** o valor da **diferença de potencial**, **umentando** a **separação** entre os **dois eletrodos de potencial**, mantendo-se **fixos** os dois eletrodos de injeção de **corrente**.

Os arranjos mais comumente usados nos levantamentos de resistividade são o **Wenner** e o **Schlumberger**. No espaçamento **Wenner**, os quatro eletrodos (dois de corrente, A e B, e dois de potencial, M e N) são mantidos a um **mesmo espaçamento** (a), conforme representado na Figura 27. Nesse tipo de arranjo, todos os **quatro eletrodos** são **movidos** entre **sucessivas leituras**, com o **espaçamento** a **crecente** de uma leitura para outra.

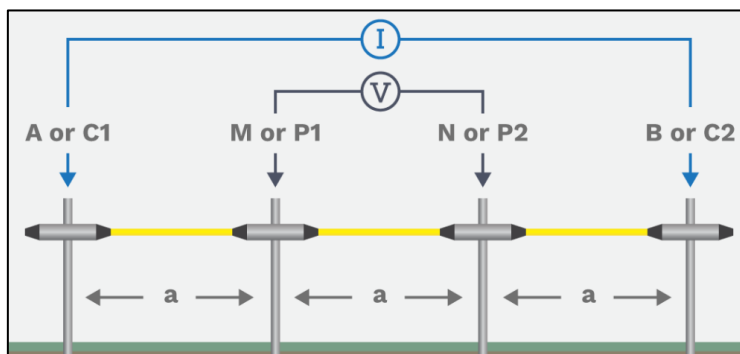


Figura 27 - Representação do arranjo Wenner. Fonte³⁵

No arranjo tipo **Schlumberger**, os **quatro eletrodos** são organizados **simetricamente** em relação ao **ponto médio** do arranjo. Os eletrodos de potencial internos (M e N) têm um espaçamento, a, que é uma fração da distância, S, entre os eletrodos de corrente externos (A e B), conforme representado na Figura 28. A cada nova disposição dos eletrodos, o espaçamento **a permanece constante** e o espaçamento S é crescente. Nesse arranjo, a distância inicial entre **M e N** deve ser em torno de **1/4** da distância entre **AB**. **AB é afastado** até que o potencial se torne muito pequeno para ser medido. A **profundidade de investigação** é dada em razão do comprimento **AB/4**.

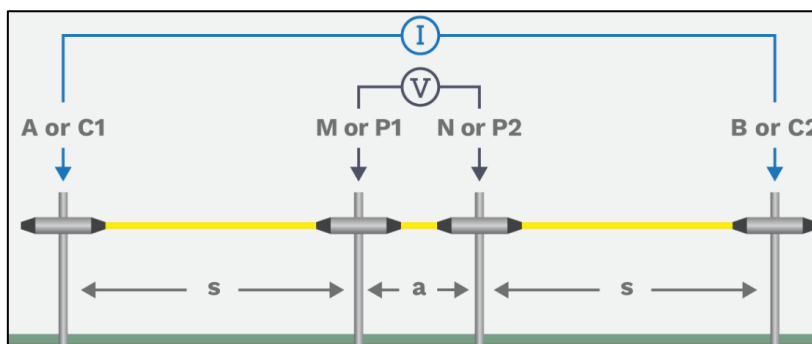
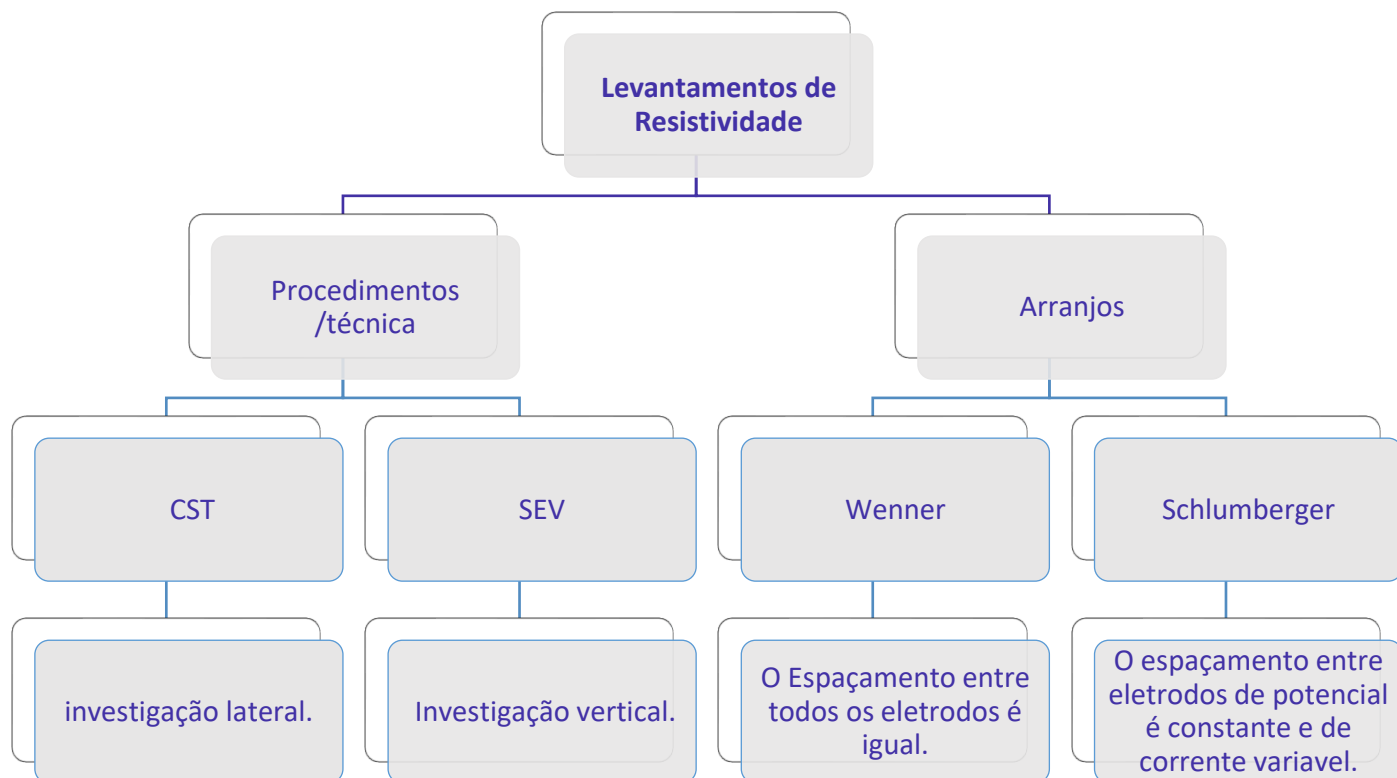


Figura 28 - Representação do arranjo Schlumberger. Fonte³⁶

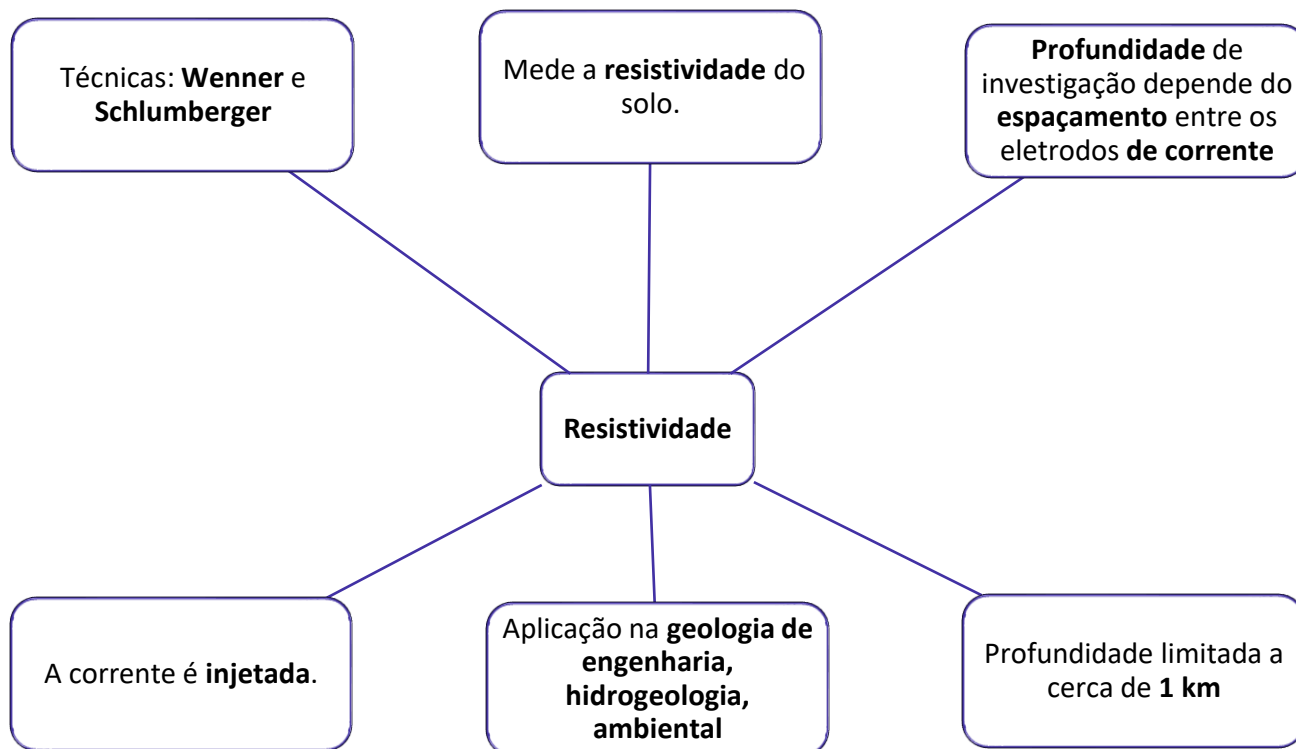
³⁵ Wenner Array: *Electrical Resistivity Methods, Part 1* (agiusa.com). Acesso em novembro de 2023.

³⁶ Wenner Array: *Electrical Resistivity Methods, Part 1* (agiusa.com). Acesso em novembro de 2023.





RESUMINDO



Mas, professor, como esse conteúdo poderia aparecer na prova?

Veja, a seguir, como a banca pode tentar te confundir com esse conteúdo:



(Prof. Renê/Inédita - 2024) Acerca dos métodos elétricos, julgue o item a seguir:

Os métodos de levantamentos de resistividade possuem diversas aplicações, sendo uma delas a investigação da profundidade do lençol freático, bem como da qualidade da água subterrânea. Nesse método, diferentes arranjos podem ser utilizados, sendo os dois principais a sondagem elétrica vertical e o caminhamento elétrico, que diferem, essencialmente, se a investigação ocorrerá na vertical ou na lateral.

Comentários:

Está quase tudo certo. O único problema é que foi trocado arranjo por técnica/procedimento. A sondagem elétrica vertical e o caminhamento elétrico são técnicas do levantamento de eletrorresistividade. Os arranjos que podem ser utilizados nessas técnicas são principalmente o Wenner, Schlumberger Portanto, assertiva **incorreta**.

6.2 - Método de Polarização Induzida (IP)

A medição da polarização induzida ocorre após a **injeção** e **interrupção** de uma **corrente elétrica** no terreno. Como a voltagem entre os eletrodos **não decai instantaneamente** para zero, permanecendo por segundos ou minutos uma determinada fração da voltagem inicial, é possível a medição da polarização induzida, enquanto ocorre a **dissipação de cargas**.

O método de polarização induzida (IP) utiliza a **ação capacitiva** da subsuperfície. A ação capacitiva do solo está relacionada à sua característica de se comportar como um **capacitor**, ou seja, de **armazenar carga** elétrica. A **quantidade** de cargas que um capacitor pode armazenar é medida através da grandeza denominada de **capacitância**.

Para os solos, a capacitância inibe a passagem de correntes contínuas e transmite correntes alternadas com maior eficiência para maiores frequências, de forma que, a **resistividade aparente** medida da superfície **diminui** com o **aumento** da **frequência**. A propriedade capacitiva do solo também é responsável pelo **decaimento transiente** de uma voltagem residual. Devido essas manifestações da propriedade de capacitância do solo, a sua capacitância pode ser investigada através de dois diferentes métodos. Dessa forma, o método de IP pode utilizar a medição das variações de voltagem em função do **tempo** ou da **frequência**.

O levantamento IP pode ser realizado no domínio do **tempo**, quando o decaimento de voltagem é medido sobre um intervalo de tempo, ou no domínio da **frequência**, quando as medições de resistividade aparente são realizadas em duas ou mais baixas frequências.

80

174



No domínio do **tempo**, as medições de IP, mede-se a **cargabilidade** durante um determinado de tempo, logo após a corrente polarizada ser desligada. A cargabilidade consiste na área sob a curva de decaimento durante um certo intervalo de tempo, normalizado pela diferença de potencial no estado estacionário. Essa área é dada pelo aparelho de medição. A cargabilidade pode indicar a presença de minerais específicos. No domínio da **frequência**, requer a medição da **resistividade** aparente em duas ou mais frequências.

O armazenamento da energia elétrica em rochas ocorre principalmente através de processos eletroquímicos.

O mecanismo de polarização induzida pode ocorrer de duas maneiras, sendo a **polarização de membrana** e a **polarização de eletrodo**. A polarização de **membrana** ocorre principalmente em rochas com ausência de minerais metálicos e com **presença** de minerais de **argilas**. Esses minerais se carregam negativamente, e atraem os íons positivos, funcionando como uma espécie de membrana. A remoção da voltagem aplicada faz com que esses íons retornem para suas posições originais, o que provoca um decaimento gradual da voltagem.

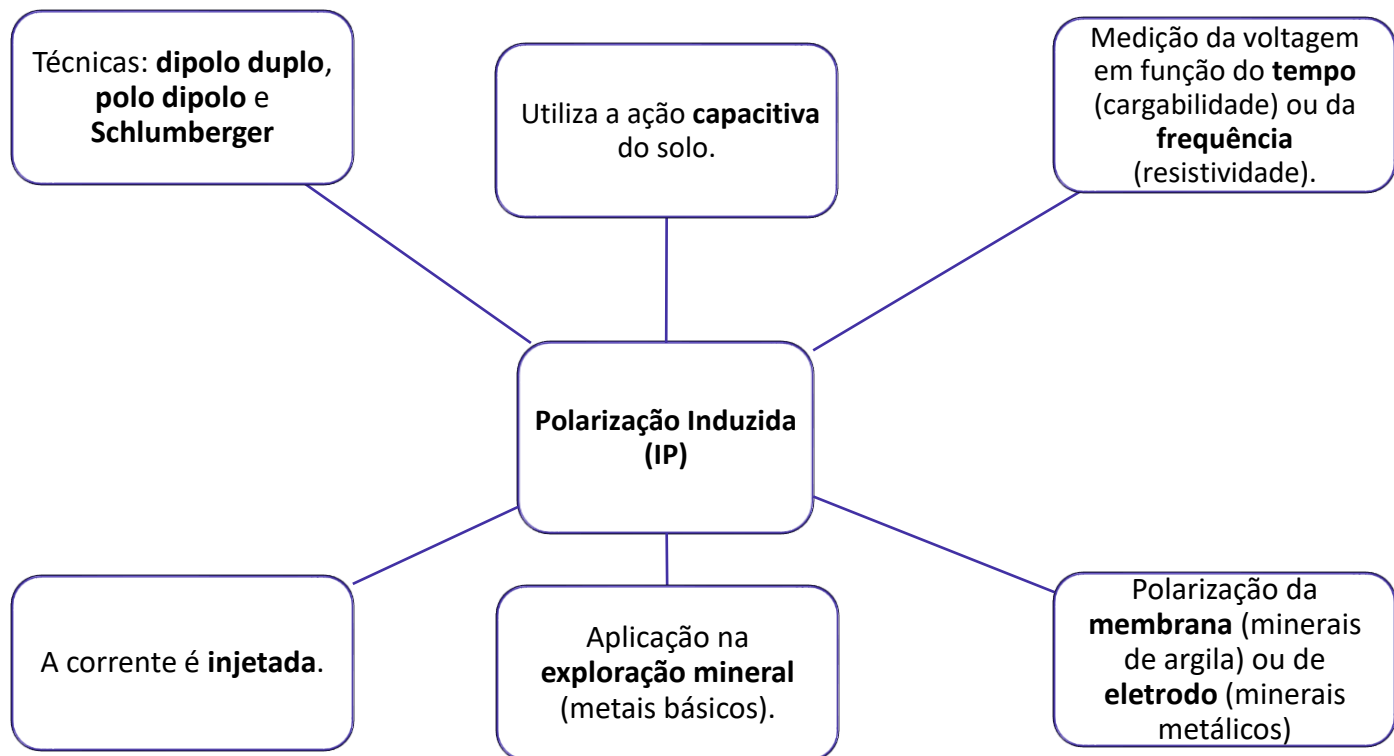
A polarização de **eletrodo** ocorre quando minerais **metálicos** estão presentes na rocha. Nesse caso a aplicação da voltagem provoca um acúmulo de íons de cargas positivas e negativas, causando um aumento de carga, com a remoção da voltagem, há a dispersão lenta dos íons de volta a seus locais de origem. Esse é o principal interesse na prospecção de jazidas metálicas.

A representação das medições de IP pode ser realizada através da **pseudosseção**, em que as leituras são desenhadas de modo a refletir a **profundidade** de penetração. No entanto, essa é uma forma grosseira de distribuição da resposta IP em profundidade.

O **equipamento** para levantamentos IP usa em torno de 10 vezes a utilizada no arranjo de resistividade. As operações de campo podem ser realizadas por três diferentes técnicas, que são **dipolo duplo**, **polo-dipolo** e **Schlumberger**. O espaçamento dos eletrodos pode variar de **3 a 300m**.

A interpretação dos dados de IP pode ser realizada de forma **quantitativa** ou **qualitativa**. A interpretação quantitativa é mais **complexa** que a realizada no método de resistividade. A modelagem em **laboratório** também pode ser utilizada em uma interpretação **indireta**. As interpretações qualitativas permitem estimar a **localização**, a **extensão lateral** o **mergulho** e a **profundidade** da zona anômala.





6.3 – Método de Potencial Espontâneo (SP)

O método de potencial espontâneo (SP) é um método geométrico de **campo natural**. A aplicação do método envolve a medição, em superfície, das **diferenças de potencial** natural, as quais resultam das **reações eletroquímicas** em subsuperfície. A aplicação do método de SP não requer a criação artificial de um campo elétrico. O método se fundamenta no fato de que, mesmo na ausência de um campo criado artificialmente, é possível medir uma diferença de potencial entre dois eletrodos introduzidos no terreno.

Esse método encontra aplicação na **prospecção mineral**, em **estudos ambientais**, na **geologia de engenharia**, na **perfilagem** de **poços** e na **hidrogeologia**. Na prospecção mineral, as anomalias de SP são relacionadas à presença de corpos de **sulfetos** maciços, que comportam como condutores. Já nos estudos de engenharia, as anomalias de SP são geradas em decorrência do **fluxo de fluidos**, de calor ou de íons no subsolo.

Para a aplicação do método de SP é utilizado um par de eletrodos conectados via milivoltímetro de alta impedância. O levantamento é realizado com **espaçamento** das estações geralmente menor que **30 m**. O procedimento pode ser realizado por saltos de sucessivos eletrodos ou fixando um eletrodo no solo estéril e movendo-se o outro sobre a área de levantamento.

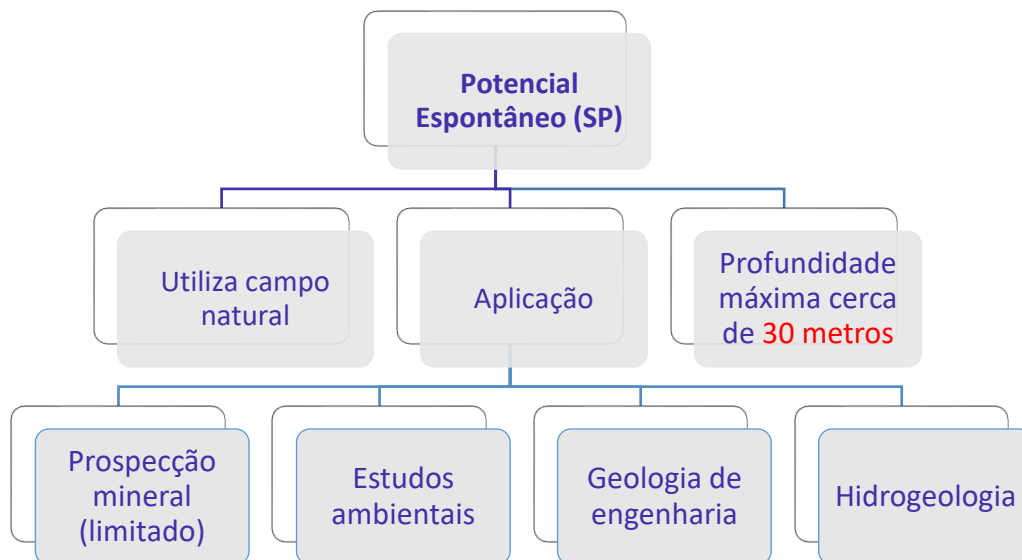


A **interpretação** das anomalias de SP é similar à interpretação magnética, uma vez que em ambos os métodos estão envolvidos **campos de dipolo**. Geralmente, essas interpretações são qualitativas. Características como a profundidade e a atitude do corpo podem ser estimadas de forma grosseira, através das características geométricas da anomalia, como a meia largura e a simetria ou assimetria.

O tipo de material de cobertura pode ter efeito sobre a presença ou ausência de anomalia de SP. material como areia não interferem na anomalia, no entanto, uma cobertura **argilosa** pode **mascarar** a anomalia SP de um corpo subjacente.



A **profundidade** de investigação do método de SP é limitada a cerca de **30 metros**.



7 - Métodos Eletromagnéticos

Os métodos de levantamento eletromagnético são aqueles que se baseiam na resposta do solo quando da propagação de **campos eletromagnéticos**. Esses métodos são compostos por uma intensidade elétrica **alternada** e por uma **força de magnetização**. Os campos eletromagnéticos são induzidos pela passagem de



uma **corrente alternada**, podendo ser utilizada, para isso, uma bobina composta de muitas voltas de fio ou um anel de cabo elétrico, os quais constituem o **transmissor**.

O princípio de funcionamento do método é apresentado na Figura 29. O transmissor é responsável por gerar um **campo eletromagnético primário**, o qual se propaga para a bobina receptora pelas trajetórias **acima e abaixo da superfície**. A parte do campo que propaga abaixo da superfície é responsável por **induzir correntes alternadas** ou **parasitas** que fluem do **corpo condutor**, quando esse está presente.

Os corpos condutores são corpos anômalos com **alta condutividade elétrica**. Devido às correntes parasitas, esses condutores geram **campos eletromagnéticos secundários**, os quais se propagam até o receptor. O campo secundário se **diferencia** em **fase e amplitude** do campo primário.

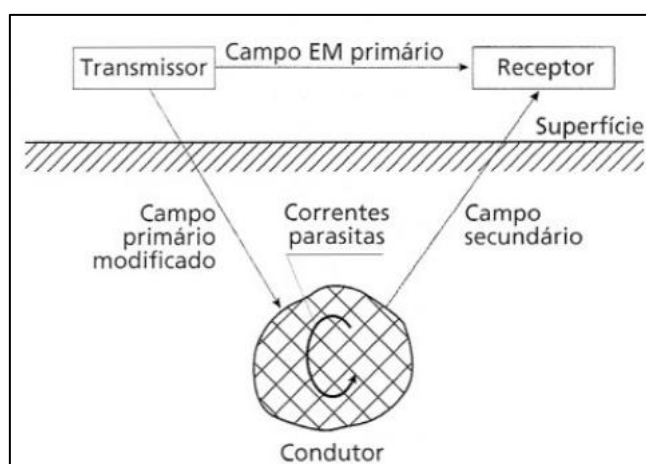


Figura 29 - Princípio geral do levantamento eletromagnético. Fonte Kearey *et al* (2009)³⁷

As **vantagens** do levantamento eletromagnético em comparação com os métodos elétricos é que **não** é necessário o **contato físico** do transmissor ou do receptor com o solo, favorecendo a maior **velocidade** do levantamento. Além disso, o método pode ser aplicado de forma **aerotransportada**, sendo uma forma largamente utilizada na **prospecção** de corpos condutivos de **minério**.

A **amplitude** do campo eletromagnético **diminui** com a **profundidade** devido à **atenuação** durante a passagem através do solo. A **profundidade** de penetração **varia** com a sua **frequência** e com a **condutividade** elétrica do meio de propagação, e pode ser definida como a profundidade na qual a amplitude do campo (A_d) é reduzida por um fator de e^{-1} em relação a amplitude de superfície (A_0). Dessa forma, a profundidade de penetração (d) é dada por

$$d = \frac{503,8}{\sqrt{\sigma f}}$$

em que σ é a condutividade do solo, expresso em Sm^{-1} e f , a frequência do campo dado em Hz.

³⁷ KEAREY P. BROOKS M. HILL I. Geofísica de exploração – São Paulo, Oficina de Textos, 2009



Define-se, também, a **profundidade de penetração efetiva** (z_e), como sendo a profundidade máxima em que um condutor pode se situar e ser capaz de **produzir** uma **anomalia eletromagnética** reconhecível, sua expressão é dada por

$$z_e = \frac{100}{\sqrt{\sigma f}}$$



TOME
NOTA!

**Profundidade de penetração
do campo eletromagnético**

aumenta com a diminuição da frequência e da
condutividade

Para atingir diferentes **profundidades**, ajusta-se a **frequência**. No entanto, frequências muito baixas, apresentam dificuldades na geração e medição. Por isso, os **valores máximos** de **penetração** que se pode obter no método eletromagnético é da ordem de **500m**.

As **fontes** utilizadas nos levantamentos eletromagnéticos podem ser **naturais** ou **artificiais**. Nas fontes **naturais**, as frequências variam de acordo com o sistema em que é gerado. As ondas geradas a partir de **relâmpago**, que ocorrem em tempestades, concentram-se na região **equatorial**, apresentam **frequências acima de 1Hz** e se propagam a **grandes distâncias**. As ondas geradas a partir do sistema de **correntes elétricas** que se desenvolvem na **magnetosfera** terrestre é subordinada à atividade **solar** e suas **frequências** são **abaixo de 1Hz**.

As fontes **artificiais** podem ser **magnéticas** ou **elétricas**. As fontes artificiais **magnéticas** utilizam **bobinas** para a geração de campos magnéticos primários, com áreas que podem variar de alguns cm^2 a milhares de m^2 ou mais. Essas fontes estão associadas aos levantamentos de **baixas frequências**. As fontes **artificiais** elétricas utilizam diferentes equipamentos para levantamentos de **altas frequências** (VHF-UHF - do inglês *Very High Frequency - Ultra High Frequency*-) ou para **baixas frequências** (VLF - do inglês *very low frequency*)

A detecção dos campos eletromagnéticos pode ser realizada de diversas formas. Dentre esses métodos tem os denominados como de **ângulo de inclinação** (*tilt-angle*) ou de **ângulo de mergulho**, que se baseiam na medição das variações espaciais do ângulo de inclinação do campo resultante do campo eletromagnético primário e secundário. Dois dos métodos de ângulo de inclinação utilizados nos levantamentos eletromagnéticos são os métodos de **frequências muito baixas** (VLF) e de **audiofrequência de campo magnético** (AFMAG).

O método VLF utiliza como fonte a radiação eletromagnética, de **frequência muito baixa** (15 a 25 kHz). Nesse caso, o levantamento pode ser usado a vários **milhares** de **quilômetros** de distância do transmissor. Com essa distância da fonte, o campo eletromagnético é essencialmente plano e horizontal.



O método **AFMAG** utiliza como fonte os **campos eletromagnéticos naturais** gerados por tempestades de raios conhecidos como *sferics*, os quais se propagam ao redor da Terra entre a superfície do solo e a ionosfera. Essas fontes são **aleatórias** e o sinal, geralmente, é da **faixa larga** (entre 1 e 1000 Hz). Esse intervalo de frequência abrange valores mais baixos do que aqueles que podem ser artificialmente produzidos, o que permite a investigação em **profundidades** de **várias centenas** de metros.

Em que pese os métodos de ângulo de inclinação (VLF e AFMAG) sejam amplamente utilizados, o que se deve à **simplicidade**, à **rapidez** e ao **preço**, as informações **quantitativas** a respeito do condutor são **limitadas**. Outros métodos de levantamento eletromagnético, mais sofisticados, e que fornecem mais informações quantitativas são os de sistema de **medição de fase**. Esses sistemas medem as relações de fase e amplitude entre os campos eletromagnéticos primário, secundário e resultante.

O campo **secundário** é gerado como resposta da **indução** de uma voltagem alternada no condutor em subsuperfície. O campo primário e o secundário, gerado pelo condutor, apresentam a **mesma frequência**, mas o secundário apresenta um **atraso de fase** igual a $\pi/2$ (90°). O atraso entre os campos magnéticos primário e secundário são decorrentes do próprio processo de indução e às propriedades elétricas do condutor e corresponde a um valor igual a $(\pi/2 + \phi)$, sendo ϕ correspondente às propriedades elétricas do condutor, dado por:

$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{2\pi fL}{r}\right)$$

em que f é a frequência do campo eletromagnético, L a indutância e r a resistência do condutor. O valor de ϕ se aproxima de $(\pi/2)$ para bons condutores e se aproxima de zero para maus condutores.

Um aspecto relevante dos levantamentos eletromagnéticos é a medição do campo magnético secundário, que é pequeno, na presença de um campo magnético primário, que é muito maior. Para eliminar esse problema, realiza-se o levantamento o eletromagnético no **domínio do tempo** (TDEM), também chamado de método eletrodoméstico de **campo transiente** ou **pulsante**.

Na técnica TDEM utiliza-se um campo primário que não é contínuo, com emissão de pulsos separados por períodos de **inatividade** e mede-se o **campo secundário**, correspondente ao condutor, no **período** em que o campo primário está **ausente**. A aplicação desse método pode-se alcançar até cerca de **10 km**.

Uma das vantagens do levantamento eletromagnético é a possibilidade de ser realizado de forma **aerotransportada**, o que permite **maiores velocidade** e relação **custo-benefício**. Os sistemas aerotransportados podem ser subdivididos em sistemas **passivos** e sistemas **ativos**. No sistema passivo, apenas o receptor é aerotransportado e inclui os métodos VLF e AFMAG. No sistema ativo, tanto o receptor quanto o transmissor são móveis, **e compreendem os sistemas de separação fixa e os de quadratura**.

Na interpretação dos dados do levantamento eletromagnético, pode ser utilizada a abordagem **indireta**, na qual, a anomalia eletromagnética observada é comparada com a **resposta teórica** para o tipo de equipamento utilizado e para diferentes condutores. Geralmente, a interpretação desses dados é apenas **qualitativa**, em que **mapas de contornos** são utilizados para obter informações sobre o comprimento e a condutividade, e a assimetria dos perfis fornecem estimativas da inclinação de corpos planares.



As **desvantagens** do método eletromagnético incluem a **incerteza** no **valor econômico** das anomalias identificadas. Há a possibilidade de que os **efeitos** dos **condutores** mais **profundos** sejam **obstruídos** por camadas superficiais com alta condutividade, como argilas saturadas e rochas portadoras de grafita. Além disso, a **profundidade** de penetração não é muito grande e depende do intervalo de frequência que pode ser gerado e detectado, sendo limitado a **500 metros** quando o levantamento é em **solo** e a cerca de **50 metros** em levantamentos **aerotransportados**. Outra desvantagem é a elevada **complexidade** da **interpretação** das anomalias eletromagnéticas.



Quando a radiação eletromagnética é incidida em um corpo, parte dessa radiação é absorvida, podendo ser, posteriormente, emitida. Objetos que absorvem toda a radiação eletromagnética que nele é incidida são denominados de **Corpo Negro**. A energia de radiação emitida depende das características do material, bem como da sua temperatura.

A capacidade de um objeto emitir radiação eletromagnética é dada pelo parâmetro emissividade (ϵ). A quantidade máxima de calor, para a sua temperatura absoluta, é emitida pelo corpo negro ($\epsilon = 1$). Os valores de ϵ podem variar de 0 (zero), como ocorre na reflexão por um espelho, até 1, para corpo negro.

Objetos reais irradiam menos calor que corpos negros e são chamados de corpos cinzentos.

Algumas das leis que descrevem o comportamento do corpo negro bem como a radiação eletromagnética emitida por outros corpos incluem a Lei de Stefan – Boltzmann, a Lei de Kirchhoff da radiação térmica, a Lei de Wein e a Lei de Planck.

A Lei de Stefan-Boltzmann descreve a taxa de transferência de calor por radiação (q) de um corpo em função da emissividade (ϵ) do corpo e da sua temperatura absoluta (T), sendo expressa através da expressão:

$$q = \epsilon \cdot \sigma \cdot T^4$$

sendo σ a constante de Stefan-Boltzmann, de valor igual a $5.6697 \times 10^{-8} \text{W/m}^2\text{K}^4$. Percebe-se, da equação, que a transferência de calor por radiação torna-se significativa para temperaturas mais elevadas.

A Lei de Kirchhoff da radiação térmica descreve que para um corpo arbitrário que emite e absorve radiação térmica em equilíbrio termodinâmico, a emissividade é igual à absorção. Como um corpo negro é denominado de absorvedor (ou emissor) perfeito,



uma vez que absorve toda a radiação eletromagnética incidente, independentemente da frequência ou ângulo de incidência.

A Lei de Wien representa a relação entre a temperatura de um corpo negro e o comprimento de onda correspondente ao máximo de emissão. A curva de radiação do corpo negro para diferentes temperaturas demonstra que o pico de um comprimento de onda é inversamente proporcional à temperatura. Uma vez que a frequência é inversamente proporcional ao comprimento de onda, resulta que o pico de frequência (f_{\max}) é proporcional à temperatura do corpo negro.

A relação entre a temperatura e a mudança do pico do comprimento de onda é descrito pela Lei de Wein, a qual pode ser expressa através da relação

$$\lambda_{\max} = b/T$$

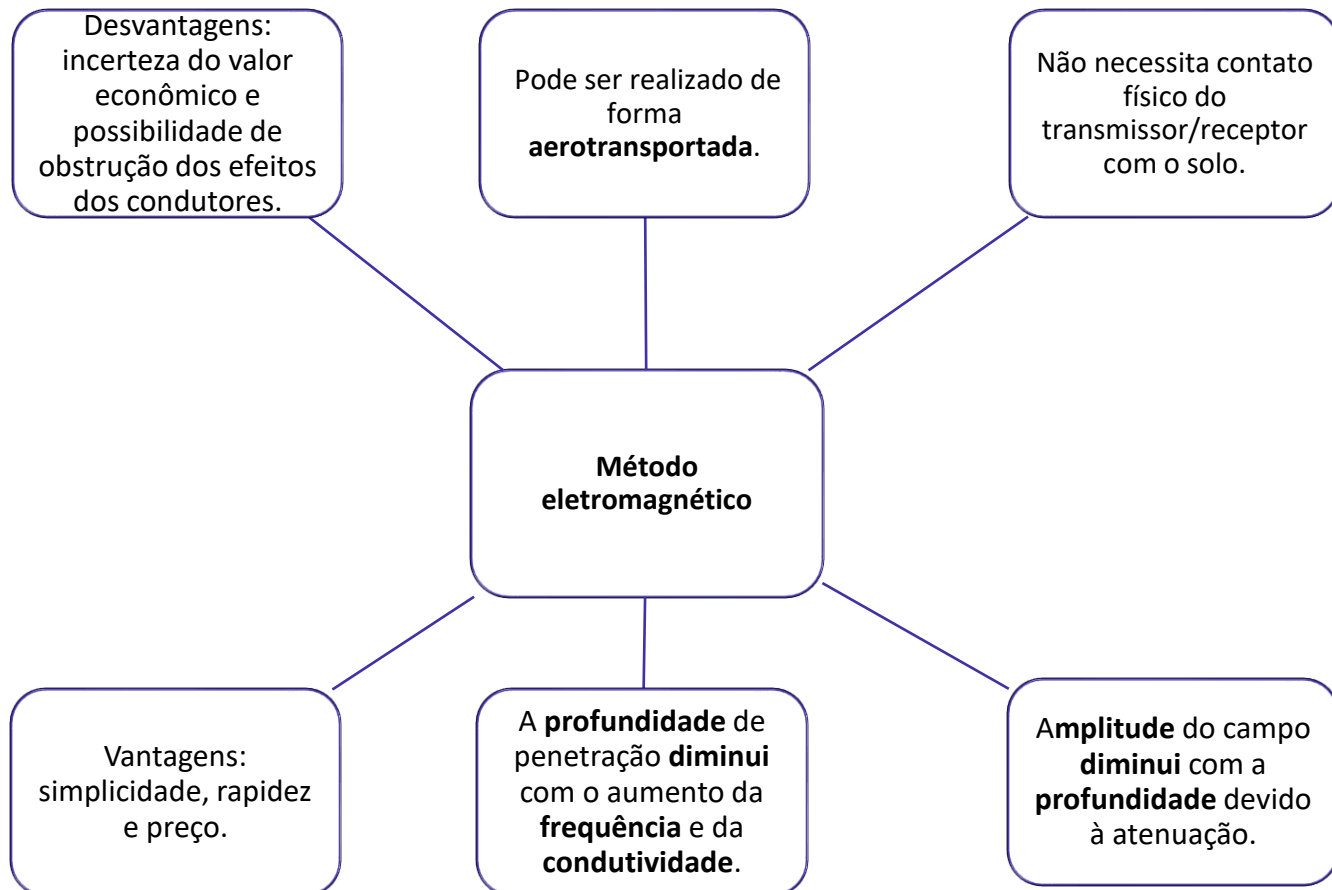
sendo b a constante de deslocamento de Wein, igual a $2,8978 \times 10^{-3}$ km.

A mudança desse pico do comprimento de onda é entendida como consequência da Lei de Plank. De acordo com a Lei de Planck, a energia é irradiada e absorvida em pacotes de energia ou "quanta" discretos. Considerando o enunciado da Lei de Planck, entende-se que a radiação emitida é função do comprimento de onda e que, para qualquer comprimento de onda, a magnitude da radiação emitida aumenta com o aumento da temperatura. Além disso, a temperatura também controla a região do espectro em que a radiação se concentra, sendo que mais radiação aparece em comprimentos de onda mais curtos à medida que a temperatura aumenta (Lei de Wein).





RESUMINDO



8 - GPR

O método denominado como **Radar de Penetração de solo** (GPR) baseia-se no **imageamento** de subsuperfície de **alta resolução**, aplicando princípios similares aos da perfilagem sísmica de reflexão e ao levantamento com sonar. A imagem de alta resolução da subsuperfície é obtida através da transmissão de ondas eletromagnéticas para dentro da terra, empregando-se uma antena transmissora colocada na superfície. A propagação de ondas de radar em um meio depende das suas **propriedades elétricas em altas frequências**.



O GPR é um método **eletromagnético**, utiliza **ondas de rádio**, e, na faixa de **altas frequências**, a propagação da onda eletromagnética é **similar à onda elástica (sísmica)**.

Diferentemente da sísmica, em que as ondas são refletidas ou refratadas ao encontrarem camadas de densidades diferentes, no GPR, a reflexão e a refração das ondas ocorrem como resultado das mudanças nas propriedades elétricas (condutividade elétrica, permissividade dielétrica e permeabilidade magnética).

A propagação de uma onda eletromagnética em um meio é determinada principalmente pela velocidade de propagação e pela atenuação.

A aplicação da técnica é realizada com a introdução, no solo, de um **pulso** curto de **radar**, utilizando ondas de rádio em frequências muito altas na faixa de **frequência** de **10 a 1.000 MHz**. As velocidades do radar dependem da **constante dielétrica** (permitividade relativa) e pela **condutividade** da subsuperfície, sendo dada por

$$V = \frac{c}{\sqrt{\mu_r \epsilon_r}}$$

em que, c é a velocidade da luz no vácuo ($3 \times 10^8 \text{ms}^{-1}$), μ_r a permeabilidade magnética relativa e ϵ_r a permitividade dielétrica relativa.

A propagação de um pulso de radar é influenciada pelo **conteúdo** de **água** dos materiais, devido à constante dielétrica da água que é cerca de 10 vezes maior que a da maioria dos materiais geológicos. A mudança das propriedades dielétricas nas interfaces provoca **reflexão** de um pulso de radar, com redução de energia. A presença de **água** e a **porosidade** dos materiais exercem forte controle sobre a **profundidade** de penetração.

A **profundidade** de **penetração** de um pulso de radar **aumenta** com o **aumento** da **resistividade**. O alcance, geralmente é da ordem de **20 metros** e pode chegar a **50 metros** em condições de baixa resistividade. Além disso, a **frequência mais baixa** favorece a maior penetração. A profundidade de penetração também depende do **tipo** de **material**. Em materiais argilosos, a profundidade é em torno de 5 metros e em materiais como areias de dunas, cascalhos e granitos pode chegar a cerca de 50 metros.

A resolução vertical consiste na capacidade de distinguir as reflexões provenientes do topo e da base de camadas de pequena espessura. O valor da resolução teórica pode ser dado em função do comprimento de onda (λ), em que seu valor limite é de $\lambda/4$ a $\lambda/2$, sendo o comprimento de onda expresso em função da velocidade (V) e da frequência (f_c), de forma que

$$\lambda = \frac{V}{f_c}$$

A frequência de emissão das ondas depende da antena utilizada no levantamento. A maior ou menor frequência influencia tanto na resolução vertical quanto na profundidade de penetração.





TOME
NOTA!

FREQUÊNCIAS MAIS ALTAS



Proporcionam melhor resolução vertical.

FREQUÊNCIAS MAIS BAIXAS



Permitem maiores profundidades de penetração.



Maior frequência = Maior a resolução = Menor profundidade de penetração

Menor a frequência = Menor resolução = Maior profundidade de penetração

Para o levantamento de GPR são utilizados 6 módulos, sendo 2 antenas, uma transmissora e uma receptora, 1 unidade eletrônica do transmissor, 1 unidade eletrônica do receptor, 1 unidade de controle central e 1 notebook, sendo esses módulos acessados via computador. O **instrumento** utilizado nos levantamentos de radar deve ser **preciso**, uma vez que as **velocidades** das ondas de radar podem alcançar valores muito **baixos**.

As operações de campo são realizadas ao longo de perfis de reflexão, utilizando um afastamento contante, e com as antenas transmissoras e receptoras sendo transportadas ao longo do perfil, mantendo uma distância fixa. Os **sinais** de radar que retornam são **amplificados**, digitalizados e gravados. Como resultado, obtém-se um perfil em que no eixo horizontal é apresentada a **distância**, ou posições das antenas, e no eixo vertical apresentado o **tempo** duplo (ida e volta do sinal) dos refletores. A apresentação desses dados é realizada através de **radargrama**.

Para converter o tempo duplo em profundidade, deve-se determinar a velocidade e, posteriormente, calcular a distância através da equação

$$d = \frac{vt}{2}$$

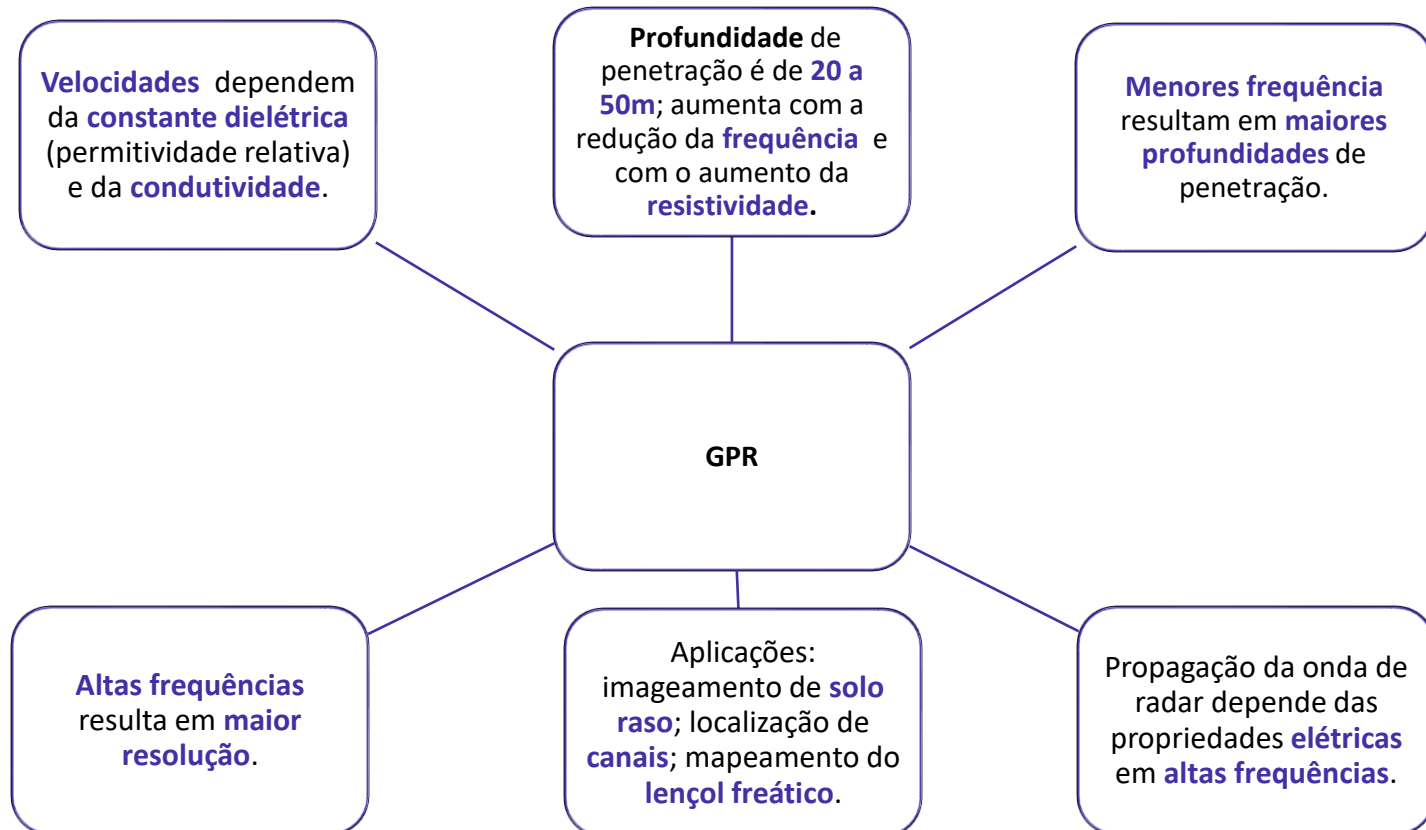
Para determinar a velocidade, diferentes técnicas podem ser utilizadas, as quais incluem medir a constante dielétrica (ϵ), medir a profundidade do refletor em poços ou escavações ou através de sondagens CMP (*Common Mid Point*) ou WARR (*Wide Angle Reflection and Refraction*).



O processamento dos dados obtidos no levantamento de GPR envolve vários processos os quais incluem a edição dos dados para inclusão da topografia, edição de traços entre outros, a filtragem, correções como amplificação/atenuação/compensação de pontos ao longo de um traço, análise de velocidade e migração.

A interpretação de um radargrama é realizada por **mapeamento de interfaces**, o que pode possibilitar a identificação de zonas de **alta atenuação**, que representam materiais de **alta condutividade**. No entanto, vale ressaltar que não deve interpretar cada banda num radargrama como um horizonte geológico distinto, visto a ocorrência de interferência com um trem de onda de reflexão anterior, de reflexões laterais. A simplificação do processamento do radargrama é possível com o uso da **deconvolução**, facilitando o reconhecimento dos eventos primários.

As aplicações do método incluem imageamento de solo raso e de estruturas de rocha em alta resolução, localização de canais enterrados e mapeamento do lençol freático.



Mas, professor, como esse conteúdo poderia aparecer na prova?

Veja, a seguir, como a banca pode tentar te confundir com esse conteúdo:





(Prof. Renê/Inédita - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

O método GPR é um método eletromagnético que utiliza ondas de rádio, as quais, em altas frequências, comportam-se em subsuperfície de forma similar às ondas sísmicas. Enquanto no GPR, o comportamento da onda é comandado por características como a densidade das camadas, nos métodos sísmicos, a propagação das ondas depende das suas propriedades elétricas.

Comentários:

O GPR é um tipo de método eletromagnético. As características dessas ondas se assemelham às características das ondas utilizadas nos levantamentos sísmicos, uma vez que a onda é refletida e/ou refratada nas interfaces dos materiais. No entanto, as ondas de rádio se diferem essencialmente das ondas sísmicas pois, no GPR o comportamento da onda depende das características elétricas dos materiais, enquanto na sísmica, o comportamento é comandado pelas características como densidade e elasticidade dos materiais. Logo, assertiva **incorreta**.

9 - Levantamento Radiométrico

O levantamento radiométrico se baseia no comportamento dos minerais radioativos, para a identificação dos diferentes tipos de rochas. Os principais elementos de interesse em exploração radiométrica são o **Urânio** (^{238}U), o **Tório** (^{232}Th) e o **Potássio** (^{40}K).

9.1 - Fundamentos do Método

O método de levantamento **radiométrico** fundamenta-se no **decaimento** radioativo dos **isótopos instáveis**. Isótopos são formas diferentes de um mesmo elemento químico, com **pesos atômicos** diferentes. O decaimento radioativo consiste na **desintegração** dos elementos instáveis, com a consequente emissão de emissão de **radioatividade**, podendo levar a **formação** de um elemento **estável** ou de outro produto **radioativo**.

A **taxa** de decaimento radioativo é **exponencial**, sendo que o número (N) de átomos remanescente após um tempo (t) depende do número inicial (N_0) e da constante de decaimento (λ), podendo ser expresso na forma

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

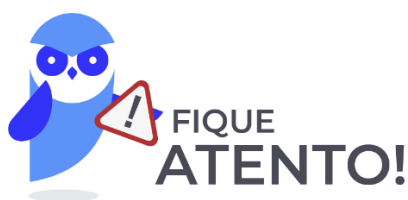
O tempo necessário para que um determinado elemento reduza o número de átomos inicial (N_0) à metade é definido como **meia-vida**. O seu valor depende do átomo, podendo variar de frações de segundos a milhares de anos. A constante de decaimento é característica do elemento químico, e **não depende** das **condições externas** como pressão temperatura e composição química.



A **radioatividade** ocorre com a emissão de partículas **alfa**, **beta** ou **gama**. Um tipo específico de raio gama é a **captura K**. As principais características dessas emissões são apresentadas abaixo.



Partículas alfa	Núcleos de Hélio (${}^4_2\text{He}$); São paradas por uma folha de papel ; Percorrem apenas poucos centímetros ; Não podem ser detectadas em levantamentos radiométricos.
Partículas beta	Elétrons (e^-) emitidos na divisão de um nêutron ; São paradas por poucos milímetros de alumínio ; Percorrem apenas poucos decímetros ; Apenas são detectadas em levantamentos de solo .
Raios gama	Pura radiação eletromagnética . Frequências mais altas que 10^{16}Hz ; Energia mais alta que raios-X; São paradas por vários centímetros de chumbo ; Podem percorrer várias centenas de metros ;
Captura K	Tipo de raios gama Elétron da casa mais interna (K) penetra no núcleo. Decrescimento do número atômico



Apenas os raios gama podem ser detectados em levantamentos **aerotransportados**

A unidade padrão da radiação gama é o **Roentgen (R)**, o que equivale à quantidade de radiação capaz de produzir $2,083 \times 10^{15}$ pares de íons por metro cúbico à temperatura e pressão padrão. Para as anomalias radiométricas, é utilizada a variação **μR** .



9.2 - Radioatividade dos Minerais e Rochas

Os principais elementos radioativos são o **Urânio** (^{238}U), o **Tório** (^{232}Th) e o **Potássio** (^{40}K), os quais são encontrados em diferentes tipos de minerais e rochas (Figura 30 e Quadro 1). Essas rochas podem ser reconhecidas pelas suas assinaturas radioativas.

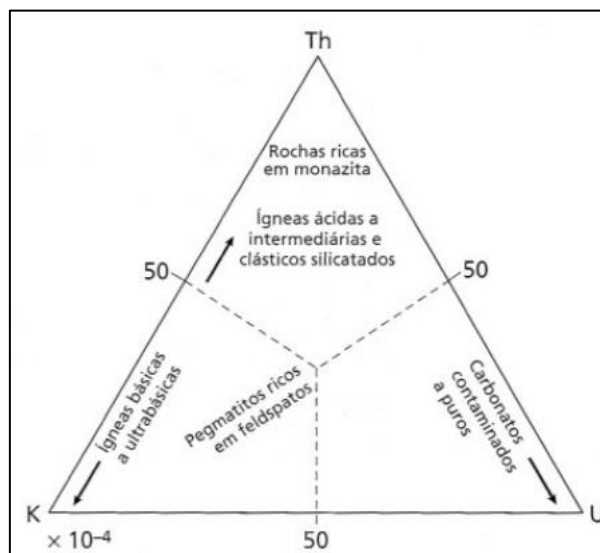


Figura 30 - Elementos radioativos em diferentes tipos de rochas. Fonte Kearey *et al* (2009)³⁸

Quadro 1 - Minerais radioativos e suas ocorrências³⁹

Elemento	Mineral	Ocorrência
POTÁSSIO	Feldspatos ortoclásio e microclínio [KAlSi_3O_8]	Principais constituintes em rochas ígneas ácidas e pegmatitos
	Muscovita [$\text{K}_2\text{Al}_6(\text{OH})_{12}\text{Si}_4\text{O}_{40}$]	
	Alunita [$\text{K}_2\text{Al}_6(\text{OH})_{12}\text{Si}_4\text{O}_{40}$]	Alteração em rochas vulcânicas
	Silvita, carnalita [$\text{KCl}, \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$]	Depósitos salinos em sedimentos
TÓRIO	Monazita [ThO_2 +fosfato de terras raras]	Granitos, pegmatitos, gnaisses
	Torianita [$(\text{Th}, \text{U})\text{O}_2$]	
	Torita, uranotorita [$\text{ThSiO}_4 + \text{U}$]	Granitos, pegmatitos plácenes
URÂNIO	Uraninita [óxido de U, Pb, Ra + Th, terras raras]	Granitos, pegmatitos e em veios de Ag, Pb, Cu etc
	Carnotita [$\text{K}_2\text{O} \cdot 2\text{UO}_3 \cdot \text{V}_2\text{O}_5 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$]	

³⁸ KEAREY P. BROOKS M. HILL I. Geofísica de exploração – São Paulo, Oficina de Textos, 2009

³⁹ KEAREY P. BROOKS M. HILL I. Geofísica de exploração – São Paulo, Oficina de Textos, 2009



9.3 - Instrumentos para Medição de Radioatividade

Diferentes **equipamentos** podem ser utilizados no levantamento radiométrico. As respostas desses equipamentos são apresentadas como o número de contagem de emissões num período fixo. Os instrumentos utilizados nesses levantamentos incluem o **Contador Geiger**, **Contador de cintilação** ou cintilômetro, **espectrômetro de raios gama** e **medidor de emanações de radônio**.

O **Contador Geiger** responde apenas às partículas **beta**. O equipamento consiste em um tubo de vidro selado contendo um **gás inerte** (como o argônio) mais um traço de um agente selante (vapor d'água, álcool ou metano), sendo o gás ionizado pelas partículas beta. A ionização do gás gera pulsos de **descarga**, que, após a amplificação, podem ser registrados como **estalidos**, sendo registrado o número de contagens por minuto. O Contador Geiger é **barato** e de **fácil uso**, mas é aplicado apenas em **levantamentos de solo** sobre terrenos com pouca cobertura de solo.

O contador de **cintilação** ou cintilômetro é usado na medição de **radiação gama**. O princípio de funcionamento desse equipamento é a conversão dos raios gama **em luz**, através do processo de **cintilação**. O cintilômetro é mais **caro** e seu **transporte** é de **maior dificuldade** que o contador de Geiger, no entanto, permite o levantamento tanto **terrestre** quanto **aéreo**.

Os **espectrômetros de raios gama**, ou analisadores de altura de pulso, baseiam-se na identificação da radiação gama, a qual é expressa em níveis de **energia**. A **intensidade** de **cintilação** é aproximadamente proporcional à energia original dos raios gama. Os intervalos de **níveis de energia** possibilitam a discriminação entre diferentes **fontes**. Esses equipamentos podem ser utilizados em levantamentos **aerotransportados**, sendo necessária sua **calibração** em uma área de concentração radioisotópica conhecida.

O medidor de **emanações de radônio** baseia-se no monitoramento da atividade das partículas alfa, para obtenção de uma taxa de contagem. Essa contagem é realizada em amostras coletadas em **furo de sondagem** raso, as quais são filtradas, secas e passadas por uma câmara ionizada onde é realizado o monitoramento da partícula alfa. O radônio é o único elemento radioativo **gasoso** que se move livremente através dos poros, das juntas e das falhas em subsuperfície, seja como **gás** ou **dissolvido** em água subterrânea.

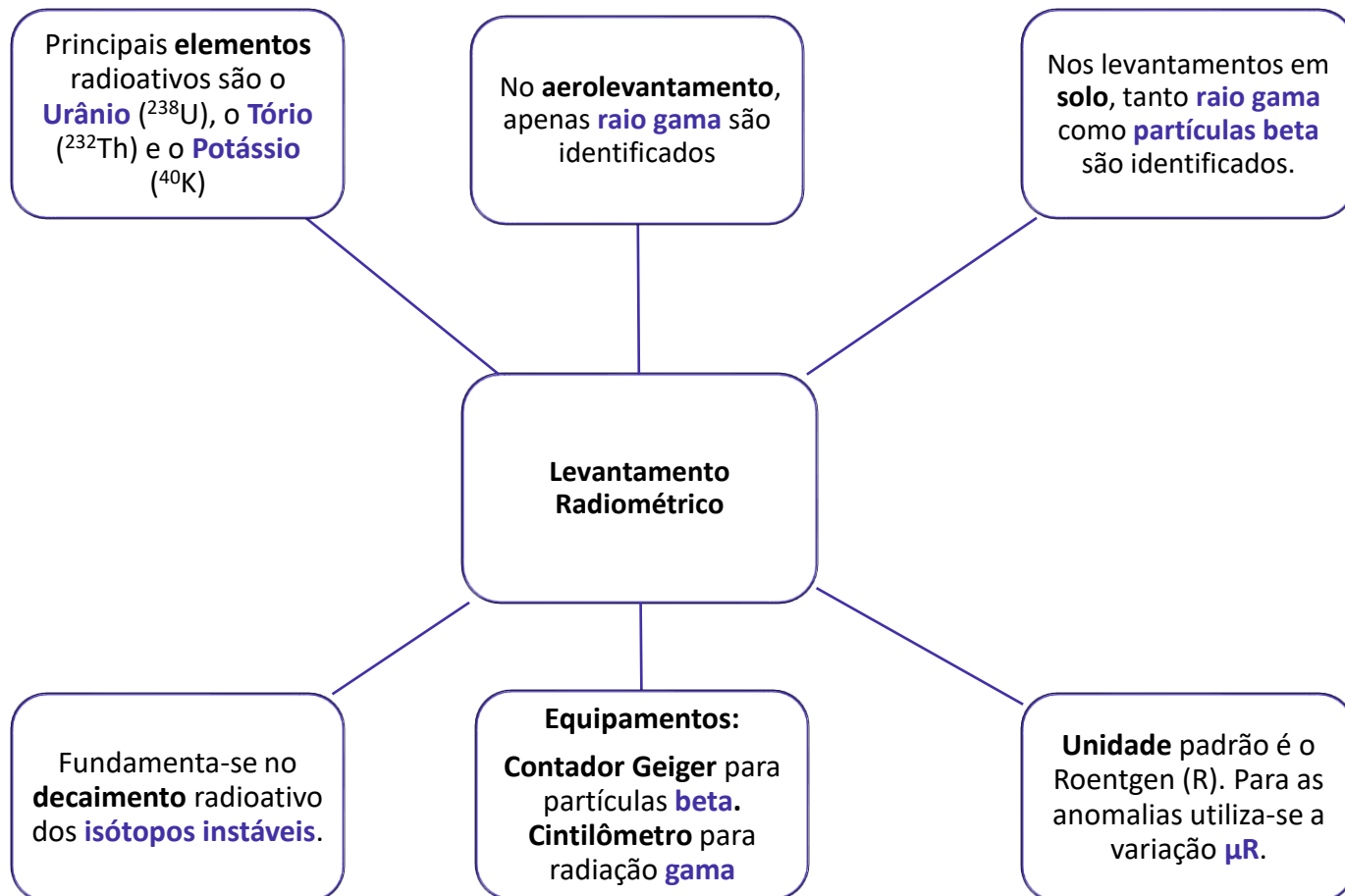
Geralmente, os levantamentos radiométricos são realizados de forma **aerotransportada**, sendo utilizados sensores de **cintilação** maiores que os instrumentos para o levantamento no solo. Os levantamentos radiométricos são geralmente realizados em conjunto com levantamentos **magnéticos** ou **eletromagnéticos**.

Esses são os principais pontos do levantamento radiométrico. Vamos agora sintetizar essas informações para facilitar a revisão e, posteriormente, veremos como esse conteúdo já foi abordado em questões de concurso.





RESUMINDO



Mas, professor, como esse conteúdo poderia aparecer na prova?

Veja, a seguir, como a banca pode tentar te confundir com esse conteúdo:



HORA DE PRATICAR!

(Prof. Renê/Inédita - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

Nos aerolevanteamentos radiométricos, apenas as partículas alfa são identificadas.

Comentários:



O levantamento radiométrico é baseado nas emissões radioativas dos isótopos instáveis, os quais são principalmente o Urânio (^{238}U), o Tório (^{232}Th) e o Potássio (^{40}K). A radioatividade ocorre com emissões de partículas alfa, beta ou raio gama. Contudo, apenas as partículas betas e os raios gama são identificados nos levantamentos radiométricos, sendo que nos levantamentos aerotransportados, apenas o decaimento dos raios gamas são utilizados. Os equipamentos utilizados incluem o Contador Geiger, que responde apenas às partículas beta, e o contador de cintilação ou cintilômetro, usado na medição de radiação gama. **Assertiva incorreta.**



QUESTÃO DISCURSIVA



(CEBRASPE/ANP - 2013)

Nesta prova, faça o que se pede, usando, caso deseje, os espaços para rascunho indicados no presente caderno. Em seguida, transcreva os textos para os respectivos espaços reservados do CADERNO DE TEXTOS DEFINITIVOS DA PROVA DISCURSIVA, nos locais apropriados, pois não serão avaliados fragmentos de texto escritos em locais indevidos.

- Na redação de texto dissertativo e em cada questão prática, qualquer fragmento de texto que ultrapassar a extensão máxima de linhas disponibilizadas será desconsiderado. Será também desconsiderado o texto que não for escrito no devido local da folha de texto definitivo correspondente.
- No caderno de textos definitivos, identifique-se apenas na primeira página, pois não será avaliada a prova discursiva que apresentar texto com qualquer assinatura ou marca identificadora fora do local apropriado.
- Na avaliação da redação de texto dissertativo e de cada questão prática, ao domínio do conteúdo serão atribuídos até 10,00 pontos, dos quais até 1,00 ponto será atribuído ao quesito apresentação e estrutura textuais (legibilidade, respeito às margens e indicação de parágrafos).

Texto Dissertativo _____

As mudanças na ciência geofísica, assim como as inovações em aquisição e processamento de dados, contribuíram muito para o sucesso exploratório de hidrocarbonetos nos últimos 30 anos. Considerando a importância desse tema, discorra sobre as grandes inovações na ciência geofísica do petróleo e nas tecnologias de exploração dos últimos 30 anos. Ao elaborar seu texto aborde, necessariamente, os avanços tecnológicos nos seguintes campos:

- levantamentos sísmicos; [valor: 3,00 pontos]
- processamentos de sísmica; [valor: 2,00 pontos]
- medição do valor da gravidade; [valor: 1,50 ponto]



- medição do gradiente do campo gravitacional; [valor: 1,50 ponto]
- perfilagem de poços. [valor: 1,00 ponto]

A seguir, encontram-se algumas dicas úteis para a elaboração das questões discursivas.

Instruções gerais

1 - O que vale mais é o conhecimento técnico.

O respeito às normas gramaticais e ortográfica é extremamente importante, e deve ser obedecido, pois, os desvios nesses quesitos também são penalizados. No entanto, se você não tem um domínio elevado nessas normas, não se preocupe demais em não cometer nenhum erro de português. É melhor cometer alguns erros de português e demonstrar um bom conhecimento e domínio técnico, do que ficar travado por medo desses erros. Passe seus conhecimentos de forma clara, demonstrando o domínio que é exigido, e você obterá uma boa pontuação.

2 - Vá direto ao que se pede.

Estamos acostumados a seguir um texto muito estruturado, com introdução, desenvolvimento e conclusão. Caso você consiga manter essa estrutura e responder todas as perguntas, ótimo! No entanto, essa não deve ser sua preocupação. Não dê voltas para responder aos questionamentos. Você não será pontuado por introduzir um tema, será pontuado ao apresentar as respostas dos itens. Logo, foque em responder ao que se pede, e se, necessário, responda de forma direta e objetivamente, sem rodeios.

3 - Divida o espaço do seu texto proporcionalmente à complexidade e à pontuação de cada item.

Se um item da dissertativa é menos pontuado, gaste menos esforço, tempo e espaço com ele e foque naqueles que são mais pontuados. Por exemplo, em um texto que será avaliado com um total de 20 pontos, e um dos itens vale 1 ponto, enquanto outros valem 6 pontos, dedique-se em elaborar melhor esses de maior pontuação.

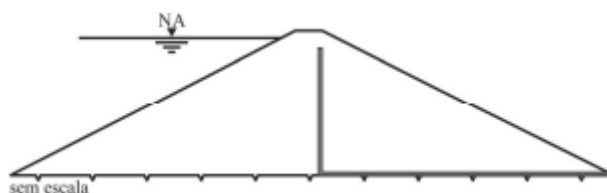


QUESTÕES COMENTADAS



CEBRASPE

1. (CEBRASPE/ANM - 2022) A figura a seguir representa um arranjo típico de uma barragem homogênea com filtro, apresentando o nível de água a montante em trabalho teórico.



A respeito de aspectos relativos à investigação geológica e geotécnica e ao monitoramento de barragens, julgue os itens a seguir.

A investigação pelo método geofísico sísmico é realizada utilizando-se características das formações rochosas, como a velocidade de propagação de ondas elásticas pelo material.

Comentários:

O levantamento sísmico se baseia no comportamento da onda sísmica que se propaga em subsuperfície. Essas ondas consistem em energia acústica emitidas a partir de uma fonte e sua propagação se dá através da vibração das partículas dos materiais, produzindo deformação elástica minúsculas no meio. A resposta do método se baseia nas características dos materiais, incluindo a velocidade com que a onda propaga nesses materiais, o que depende das características desses materiais, como, por exemplo, a elasticidade.

Assertiva **correta**.

2. (CEBRASPE/ANM - 2021) Julgue os itens seguintes, acerca de aspectos referentes aos métodos geofísicos aplicados à investigação geológica-geotécnica e ao monitoramento de barragens.

A natureza não invasiva dos métodos geofísicos, aliada ao baixo custo operacional, à rapidez e à facilidade de aplicação dos ensaios, torna-os uma excelente ferramenta nos estudos hidrogeológicos.

Comentários:

É exatamente isso. Os métodos geofísicos são caracterizados por serem não invasivos, ou seja, eles não perturbam os materiais que estão sendo investigados, apenas fazem a leitura dos sinais emitidos por eles, o que permite registrar informações sobre algumas de suas propriedades físicas. Quando comparados com os métodos tradicionais são de menor custo e de maior rapidez. Quanto à facilidade de aplicação dos ensaios,



há que se mencionar que os métodos requerem algum domínio por parte do operador para o correto manuseio dos equipamentos, no entanto, não são considerados de complexidade elevada. Além disso, uma das principais aplicações dos métodos geofísicos é justamente os estudos hidrogeológicos. Com isso, a assertiva está **correta**.

3. (CEBRASPE/CODEVASF - 2021) A geofísica é uma ciência multidisciplinar que auxilia em estudos geológicos, com crescente aplicabilidade em áreas como engenharia civil, meio ambiente e arqueologia. Com relação a assuntos pertinentes à geofísica, julgue os itens seguintes.

A gravimetria é um método direto de investigação do material geológico de subsuperfície.

Comentários:

A gravimetria é um dos métodos utilizados no levantamento geofísico. Vimos que os métodos geofísicos são um tipo de investigação indireta do material de subsuperfície. Por isso a assertiva está **incorreta**.

4. (CEBRASPE/Petrobrás - 2021) Acerca dos métodos de perfilagem de poço e dos métodos potenciais e sísmicos de exploração de petróleo, julgue os itens que se seguem.

Os gravímetros devem ter uma precisão de medida da ordem de 10^{-6} gal.

Comentários:

Algumas referências, como visto em aula, colocam que a precisão mínima dos gravímetros utilizados nos levantamentos geofísicos devem ser, no mínimo de 0,01 mGal (10^{-5} gal). A assertiva trouxe um valor um pouco mais elevado. Esses valores não são exatos, é uma aproximação para a ordem de grandeza. A assertiva está **correta**.

5. (CEBRASPE/Petrobrás - 2021) Com relação ao método geofísico gravimétrico e magnético, julgue os itens subsequentes.

Entre as diversas correções que são aplicadas às medições gravimétricas realizadas no campo, a correção de Bouguer é realizada para compensar os efeitos de gravidade decorrentes da diferença topográfica entre os pontos de medição e a superfície de referência.

Comentários:

A correção Bouguer é realizada para eliminar o efeito da massa localizada entre as estações tomadas em um terreno acidentado e o nível do geóide. Para corrigir os efeitos de gravidade decorrentes da diferença topográfica, aplica-se a correção topográfica ou de terreno, que corrigir os efeitos deixados pela correção Bouguer, os quais estão diretamente relacionados à topografia ou elevação do terreno. Logo a assertiva está **incorreta**.

6. (CEBRASPE/Petrobrás - 2021) Com relação ao método geofísico gravimétrico e magnético, julgue os itens subsequentes.

Nos levantamentos magnetométricos, além da correção de Bouguer e de ar livre, por exemplo, é necessário levar em consideração as variações diurnas do campo geomagnético.

Comentários:

As correções de Bouguer e de ar livre são realizadas nos levantamentos gravimétricos, não nos levantamentos magnetométricos. Assertiva **incorreta**.



7. (CEBRASPE/Petrobrás Geofísica - 2021)

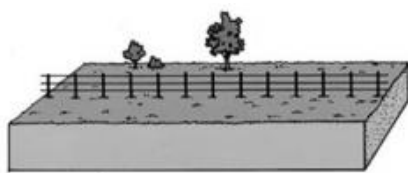


Figura A

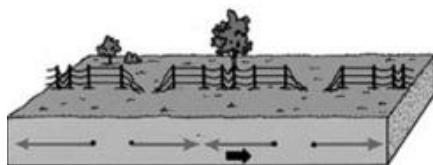


Figura B



Figura C

Internet: <www.kids-fun-science.com>.

Nessas figuras, é ilustrada uma cerca com arame antes (figura A) e depois de sofrer dois tipos de deformações resultantes de ondas sísmicas longitudinais e transversais (figuras B e C). Julgue os próximos itens, relativos a essas figuras.

A deformação da cerca mostrada na figura B é tipicamente de ondas sísmicas do tipo S.

Comentários:

O tipo de deformação representado na figura B é caracterizado pela ação da onda longitudinal ou compressional, também denominada de onda P (primária). Durante a propagação desse tipo de onda, as partículas são comprimidas e expandidas na direção de propagação da onda. Observe as setas na figura B. As setas cinzas, de menor espessura, representam a direção de vibração das partículas (movimento de vai e vem). A seta preta representa a direção de propagação da onda (mesma direção da vibração das partículas). As duas setas encontram-se na mesma direção, caracterizando as ondas compressoriais ou do tipo P.

A assertiva menciona que a deformação da cerca mostrada na figura B é tipicamente de ondas sísmicas do tipo S. Como acabamos de ver, a deformação da cerca mostrada na figura B é tipicamente de ondas sísmicas do tipo P. Por isso a assertiva está **incorreta**.

8. (CEBRASPE/Petrobrás - 2021)

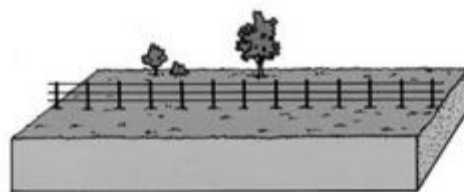


Figura A

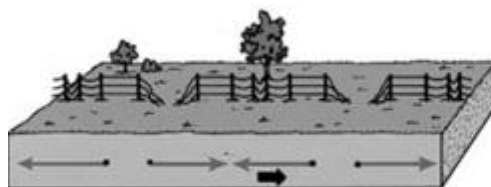


Figura B



Figura C

Internet: <www.kids-fun-science.com>.

Nessas figuras, é ilustrada uma cerca com arame antes (figura A) e depois de sofrer dois tipos de deformações resultantes de ondas sísmicas longitudinais e transversais (figuras B e C). Julgue os próximos itens, relativos a essas figuras.

Se as duas ondas longitudinais e transversais partirem de um mesmo epicentro, a deformação em B ocorrerá antes da deformação em C.

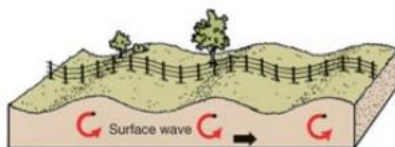
Comentários:

A Figura B representa a propagação de uma onda do tipo P, em que a direção de propagação da onda (seta preta mais espessa) coincide com a direção de vibração da partícula (seta cinza menos espessa). A Figura C representa a propagação de uma onda do tipo S, em que a direção de propagação da onda (seta preta mais espessa) é perpendicular à direção de vibração da partícula (seta cinza menos espessa).

As ondas primárias (P), compressoriais ou longitudinais possuem maior velocidade de propagação que as ondas secundárias (S) ou transversais. Por isso, se as duas ondas, longitudinais e transversais, partirem de um mesmo epicentro, a deformação em B (onda P, primária) ocorrerá antes da deformação em C. Por isso a assertiva está **correta**.

De forma complementar, observe a Figura abaixo. Nesse caso, é representada a propagação de um tipo de onda de superfície. A vibração das partículas descreve uma trajetória praticamente circular na superfície. O movimento diminui com a profundidade.





Fonte⁴⁰

9. (CEBRASPE/CODEVASF - 2021) A geofísica é uma ciência multidisciplinar que auxilia em estudos geológicos, com crescente aplicabilidade em áreas como engenharia civil, meio ambiente e arqueologia. Com relação a assuntos pertinentes à geofísica, julgue os itens seguintes.

Nos métodos sísmicos, as frequências de onda mais altas estão associadas a comprimentos de ondas maiores, o que permite a identificação de camadas geológicas a grandes profundidades.

Comentários:

Considerando dois sinais sísmicos de mesma energia, aquele de maior frequência se caracterizará com menor comprimento de onda, o que resultará em maior resolução, perda mais rápida de energia e menor profundidade de investigação. Logo, as frequências de onda mais altas estão associadas aos menores comprimentos de onda e identificação de camadas geológicas de profundidades mais rasas. Por isso a assertiva está **incorreta**.

10.(CEBRASPE/CODEVASF - 2021) A geofísica é uma ciência multidisciplinar que auxilia em estudos geológicos, com crescente aplicabilidade em áreas como engenharia civil, meio ambiente e arqueologia. Com relação a assuntos pertinentes à geofísica, julgue os itens seguintes.

A eletrorresistividade pode ser aplicada na investigação do nível de lençol freático.

Comentários:

Como vimos, uma das aplicações do método da eletrorresistividade é a investigação hidrogeológica. A presença de água no subsolo fornece uma resposta de redução da eletrorresistividade, o que permite a identificação do nível de lençol freático. Logo, a assertiva está **correta**.

11.(CEBRASPE/ANM - 2021) Julgue os itens seguintes, acerca de aspectos referentes aos métodos geofísicos aplicados à investigação geológica-geotécnica e ao monitoramento de barragens.

O radar de penetração do solo (GPR, do inglês *ground penetrating radar*) é um método de investigação eletromagnético que emprega ondas de rádio em frequências muito altas para localizar estruturas e feições geológicas rasas de subsuperfície.

Comentários:

Exatamente o que vimos, certo? O GPR é um método de investigação eletromagnético e emprega ondas de rádio as quais, em altas frequências, apresentam comportamento semelhante, às ondas sísmicas, ou seja, os mesmos princípios de reflexão e difração se aplicam ao método GPR. Além disso, o método permite a observações de feições em alta resolução. Altas resoluções são obtidas com frequências elevadas, o que

⁴⁰ Seismicity and Earth's Interior: Part I Chapter 18 Dynamic Earth Eric H Christiansen. - ppt download (slideplayer.com)



reduz a profundidade de investigação. Portanto, é correto dizer que o método utiliza ondas de rádio em frequências muito altas para localizar estruturas e feições geológicas rasas de subsuperfície. Logo, a assertiva está **correta**.

12.(CEBRASPE/ PF - 2018) Com relação a aspectos diversos pertinentes a geofísica aplicada, julgue os próximos itens.

Situação hipotética:

No planejamento de uma pesquisa do local de uma inumação humana em terreno arenoso pelo método GPR, foram adotados os seguintes dados: velocidade da onda eletromagnética igual a 0,15 m/ns; janela temporal de 50 ns; 512 amostras; intervalo de amostragem temporal 0,097 ns.

Assertiva: Nessa situação, a pesquisa possibilitará a investigação de uma profundidade máxima de 7,5 m.

Comentários:

Para calcular a distância de investigação ou do refletor, pode ser utilizada a seguinte fórmula:

$$d = \frac{vt}{2}$$

Observe que a equação está com o divisor 2, isso deve-se ao fato de que a distância ou o tempo percorrido pela onda são o dobro, pois a mesma distância é percorrida duas vezes, uma da antena emissora até o refletor e outra até do refletor até a antena receptora.

Substituindo os valores de velocidade e tempo, temos o seguinte:

$$d = \frac{0,15\text{m}}{\text{ns}} \times 50\text{ns} \times \frac{1}{2} = 3,75 \text{ metros}$$

Logo, a profundidade máxima de investigação do refletor é de 3,75 metros, de forma que a assertiva está **incorreta**.

13.(CEBRASPE/FUB - 2015) Acerca dos métodos de prospecção geofísica, julgue os itens subsecutivos.

No método GPR (Ground Penetrating Radar), quanto menor for a frequência, medida em MHz, maior será a capacidade de penetração dos sinais nos solos e nas rochas.

Comentários:

Assertiva **correta**. Lembre-se: Maior frequência = Maior a resolução = Menor profundidade de penetração

Menor a frequência = Menor resolução = Maior profundidade de penetração

14.(CEBRASPE/FUB - 2015) Acerca dos métodos de prospecção geofísica, julgue os itens subsecutivos.

A sísmica de refração é um dos métodos geofísicos mais utilizados na delimitação de estruturas favoráveis ao armazenamento de hidrocarbonetos.

Comentários:

A sísmica de refração possui boa resolução para grandes estruturas. Suas aplicações incluem investigações de engenharia e experimentos de larga escala. A delimitação de estruturas favoráveis ao armazenamento de hidrocarbonetos é melhor realizada com a aplicação do método sísmico de reflexão, o qual apresenta alta resolução mesmo para camadas finas. Por isso a assertiva está **incorreta**



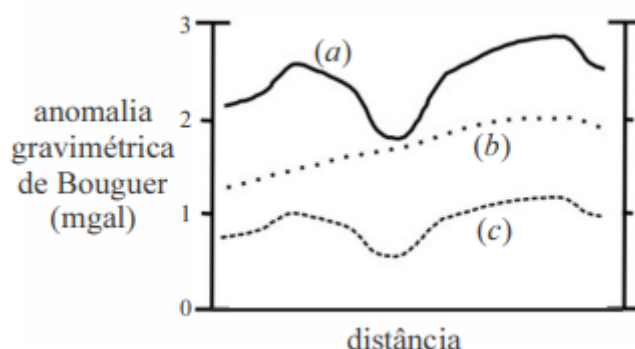
15.(CEBRASPE/FUB - 2015) Acerca dos métodos de prospecção geofísica, julgue os itens subsequentes.

A qualidade dos dados geofísicos depende da relação sinal/ruído (S/R) do equipamento; quanto mais próximo de 1 estiver a relação S/R, melhor será a qualidade dos dados

Comentários:

No levantamento geofísico, o sinal é o que se deseja medir e o ruído é toda resposta indesejada. A melhor qualidade dos dados requer alto sinal e baixo ruído, ou seja, quanto mais próximo à relação sinal/ruído estiver de 1, pior será a qualidade dos dados. Logo, a assertiva está **incorreta**.

16.(CEBRASPE/ PF - 2013)



Tendo como referência a figura acima, que representa um perfil gravimétrico, julgue os itens subsequentes.

Acerca da unidade gravimétrica (gu), é correto afirmar que $1 \text{ gu} = 10 \text{ mgal} = 10^{-4} \text{ cm.s}^{-2}$.

Comentários:

Nossa relação é a seguinte:

$$1 \text{ mgal} = 10 \text{ gu} = 10^{-3} \text{ gal} = 10^{-3} \text{ cm/s}^2$$

Na assertiva, foi feita a relação com 1gu, que é a nossa relação dividida por 10. Vamos ver como fica.

$$\frac{1 \text{ mgal}}{10} = \frac{10 \text{ gu}}{10} = \frac{10^{-3} \text{ gal}}{10} = \frac{10^{-3} \text{ cm/s}^2}{10}$$

Fazendo a divisão, fica:

$$0,1 \text{ mgal} = 1 \text{ gu} = 10^{-4} \text{ gal} = 10^{-4} \text{ cm/s}^2$$

Percebeu que está trocado? 1 gu não é 10 mgal. **1 gu = 0,1 mgal**. Assertiva **incorreta**.

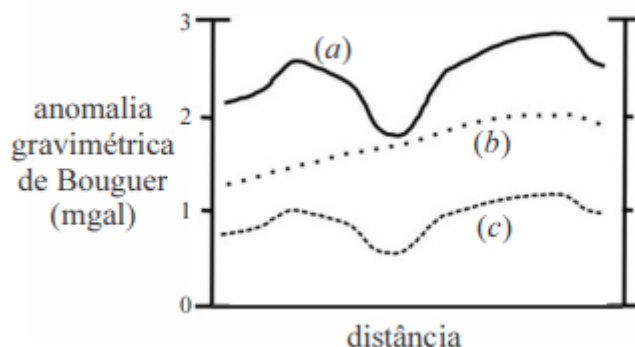
Uma dúvida que poderia surgir é quanto ao expoente negativo em (cm.s^{-2}) . Mas isso é apenas uma forma diferente de apresentar a fração. Você se lembra de que, em uma potência, quando o expoente é negativo, podemos reescrever aquele algarismo na forma de fração. Veja os exemplos a seguir:

A) $a \cdot b^{-c} = a \frac{1}{b^c} = a/b^c$

B) $2^{-3} = \frac{1}{2^3} = 1/2^3$

17.(CEBRASPE/ PF - 2013)





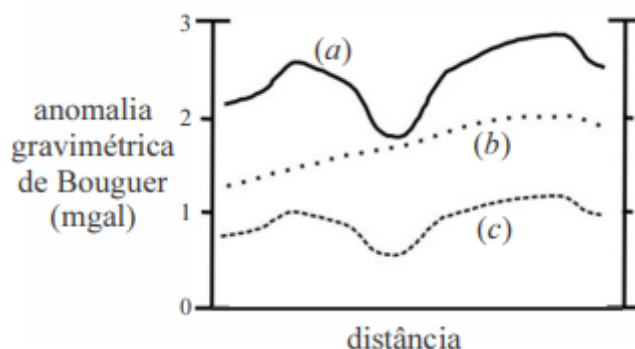
Tendo como referência a figura acima, que representa um perfil gravimétrico, julgue os itens subsequentes.

A principal contribuição relacionada com o uso do campo regional é a possibilidade de se isolar a anomalia residual da região a ser estudada.

Comentários:

Para isolar as anomalias residuais, deve-se, primeiramente, remover o campo regional. A eliminação do campo regional (mais profundo, menor frequência) pode ser realizado através da filtragem e os valores resultantes desse processo é denominado de residual. Dessa forma, a assertiva está **incorreta**.

18.(CEBRASPE/ PF - 2013)



Tendo como referência a figura acima, que representa um perfil gravimétrico, julgue os itens subsequentes.

Na figura, a anomalia identificada por (a) é frequentemente caracterizada por apresentar vários comprimentos de onda; a identificada por (b) pode ter caráter regional e a ela podem estar sobrepostas a anomalias de menor comprimento de onda, consideradas anomalias residuais, tal como a identificada na figura, por (c).

Comentários:

Após o tratamento dos dados de gravimetria, como as devidas correções, obtém-se a resposta do corpo alvo, o que caracteriza as anomalias Bouguer. Essas anomalias consistem em uma anomalia regional ampla e variação suave, geralmente associada à estrutura profunda (curva b). Sobre a anomalia regional podem ser superpostas anomalias locais de comprimento de onda mais curto (como a curva c), denominadas de residuais. Na curva (a), pode ser percebida uma oscilação no comprimento da onda, nota-se uma



irregularidade da curva, o que reflete uma heterogeneidade do terreno, indicando frequências e comprimentos de onda com grande variação. Por isso, o gabarito é **correta**.

19.(CEBRASPE/PF - 2013) Com referência a métodos geofísicos, julgue os itens que se seguem.

Nas medidas realizadas com a utilização de métodos geofísicos, o valor residual obtido, ao se retirar o campo magnético terrestre por meio do campo geomagnético de referência internacional, é denominado anomalia magnética.

Comentários:

A gente viu que anomalia magnética é o resultado fornecido pelas fontes subsuperficiais de interesse na pesquisa, após a retirada dos efeitos das fontes magnéticas estranhas e feito as demais correções. Assertiva **incorreta**.

20.(CEBRASPE/PF - 2013) Com referência a métodos geofísicos, julgue os itens que se seguem.

Os parâmetros físicos obtidos por meio de radar de penetração do solo (GPR) são o tempo de percurso e a amplitude do pulso refletido que tenha sido introduzido no solo.

Comentários:

No levantamento com GPR são utilizadas ondas de rádio, cuja propagação depende das propriedades elétricas do meio. Ao se propagar no meio, o pulso sofre atenuação (mudanças de amplitude e forma). Os sinais que se propagam em um material e que são refletidos em uma interface são amplificados, digitalizados e gravados. Como resultado, obtém-se um perfil em que no eixo horizontal é apresentada a distância, ou posições das antenas, e no eixo vertical apresentado o tempo duplo (ida e volta do sinal) dos refletores. Os dados obtidos através dos levantamentos possibilitam a obtenção de informações referentes aos refletores, como sua profundidade e suas propriedades elétricas. Assertiva **correta**.

21.(CEBRASPE/PF - 2013) Julgue os itens a seguir, relacionados a geofísica forense, geofísica de águas subterrâneas, perfilagem geofísica e análise de sinais.

Um objetivo do empilhamento de sinais é aumentar a razão sinal/ruído.

Comentários:

O processo de empilhamento faz parte do processamento sísmico e simula uma seção em que não há variação da amplitude com o deslocamento da fonte (offset zero), fornecendo uma imagem da subsuperfície com uma razão sinal/ruído superior. Assertiva **correta**.

22.(CEBRASPE/PF - 2013) Acerca de estudos geofísicos, julgue os itens subsecutivos.

Nas fontes naturais, tais como as ondas irradiadas por relâmpagos, que se concentram na região equatorial e se propagam a grandes distâncias, predominam frequências acima de 1 Hz. Já nas ondas irradiadas a partir do sistema de correntes elétricas que se desenvolvem na magnetosfera terrestre, subordinada à atividade solar, predominam frequências abaixo de 1 Hz.

Comentários:

Nos levantamentos eletromagnéticos, as fontes de energia podem ser naturais ou artificiais. Nas fontes de energia naturais as frequências variam de acordo com o sistema em que é gerado. As ondas geradas a partir de relâmpago, que ocorrem em tempestades, concentram-se na região equatorial, apresentam frequências acima de 1Hz e se propagam a grandes distâncias. As ondas geradas a partir do sistema de correntes elétricas

109

174



que se desenvolve na magnetosfera terrestre é subordinada à atividade solar e suas frequências são abaixo de 1Hz. É exatamente o que diz a assertiva, e, por isso está **correta**.

23.(CEBRASPE/PF - 2013) Com referência a métodos geofísicos, julgue os itens que se seguem.

A sondagem elétrica vertical é um método não destrutivo adequado não somente para determinar a profundidade do embasamento para fins de fundações como também para fornecer informações sobre o grau de saturação do solo.

Comentários:

A Sondagem elétrica vertical (SEV) é uma técnica do método de eletrorresistividade, e, como todos os métodos geofísicos, é não destrutivo. Dentre as suas aplicações, inclui-se a investigação do embasamento. O método permite a caracterização dos materiais através da resposta à passagem da corrente elétrica (maior ou menor resistividade). Essa resistividade reduz, por exemplo, com a presença de água nos poros dos solos e das rochas. Rochas ígneas e metamórficas, por exemplo, que podem constituir o embasamento, tendem a ser pouco porosas, e, portanto, responderam com uma redução da condutividade, o que permite a sua identificação.

A SEV também fornece informações quanto ao grau de saturação do solo. O grau de saturação do solo é dado pela relação entre o volume de água e o volume de vazios do solo. Em um solo com grau de saturação de 100%, os poros estarão completamente preenchidos por água. Quando os poros do solo estão preenchidos por água (saturados) o método de eletrorresistividade registrará uma menor resistividade, o que informa, portanto, sobre o grau de saturação dos solos. Logo, a assertiva está **correta**.

24.(CEBRASPE/ PF - 2013) Julgue os itens a seguir, relacionados a geofísica forense, geofísica de águas subterrâneas, perfilagem geofísica e análise de sinais.

Em hidrogeologia, perfis elétricos são úteis para delinear os aquíferos, determinar sua porosidade e estimar a qualidade da água.

Comentários:

Exatamente como vimos anteriormente. Os perfis elétricos permitem a identificação e delimitação dos aquíferos e a sua porosidade, pois, quanto mais porosos, melhor condutores. Além disso, a presença de contaminantes na água provocará alteração da sua eletrorresistividade, e, por isso, é possível, o método de eletrorresistividade possibilita a obtenção da estimativa da qualidade da água dos aquíferos. Logo, a assertiva está **correta**.

25.CEBRASPE/PF - 2013) Julgue os itens a seguir, relacionados a geofísica forense, geofísica de águas subterrâneas, perfilagem geofísica e análise de sinais.

Profundidade de penetração, que empiricamente é definida como profundidade efetiva, é a profundidade máxima em que o condutor pode se situar no solo e ainda produzir uma anomalia eletromagnética reconhecível. Essa grandeza é determinada pela relação $Z_e \approx 100/[\sigma f]^{(1/3)}$, em que σ é condutividade do solo, em $S.m^{-1}$, e f é a frequência do sinal emitido, em Hz, pelo condutor.

Comentários:

Vamos analisar essa assertiva por partes:



Primeiramente, foi apresentado o conceito de profundidade efetiva como sendo " profundidade máxima em que o condutor pode se situar no solo e ainda produzir uma anomalia eletromagnética reconhecível".

Até aí, tudo certo. Esse é o conceito que vimos para a profundidade de penetração efetiva.

Em seguida, é apresentada a relação que define a grandeza, como sendo: $Z_e \approx 100/[\sigma f]^{(1/3)}$. Essa mesma expressão pode ser reescrita da seguinte forma:

$$z_e = \frac{100}{\sqrt[3]{\sigma f}}$$

Como vimos, a expressão que define a profundidade de penetração efetiva é:

$$z_e = \frac{100}{\sqrt{\sigma f}}$$

Perceba que a assertiva trocou o índice da raiz, usando uma raiz cúbica ao invés de raiz quadrada. Por isso a assertiva está **incorreta**.

26.(CEBRASPE/PF - 2013) Acerca de estudos geofísicos, julgue os itens subsecutivos.

No levantamento aéreo, comumente é usado o decaimento radioativo de raios gama emitidos por meio do sensor de cintilação.

Comentários:

De acordo com o gabarito preliminar, a banca considerou a assertiva como **correta**. A questão foi anulada no gabarito definitivo, com a justificativa de que a " a redação do item prejudicou seu julgamento objetivo. Vamos tecer alguns comentários.

Primeiramente, o levantamento radiométrico é baseado nas emissões radioativas dos isótopos instáveis, os quais são principalmente o **Urânio (^{238}U)**, o **Tório (^{232}Th)** e o **Potássio (^{40}K)**. A **radioatividade** ocorre com emissões de partículas **alfa**, **beta** ou raio **gama**. Contudo, apenas as partículas betas e os raios gama são identificados nos levantamentos radiométricos, sendo que nos levantamentos **aerotransportados**, apenas o decaimento dos raios **gamas** são utilizados. Os equipamentos utilizados incluem o **Contador Geiger, que responde apenas às partículas beta**, e o contador de **cintilação** ou cintilômetro, usado na medição de **radiação gama**.

Nota-se que a assertiva não possui nenhuma incorreção quanto ao método radiométrico. A incoerência está no fato de que os raios gama não são emitidos por meio do sensor de cintilação, mas sim, os raios gama são medidos pelo sensor, e, possivelmente, por isso, a questão foi **anulada**.

27.(CEBRASPE/ANP - 2012) Os estudos de geofísica nas bacias sedimentares são essenciais para o mapeamento, levantamento geológico e locação de poços. Considerando que cada método geofísico tem a sua finalidade, julgue os itens subsequentes.

O objetivo de um mapa de derivadas de um campo potencial (gravimétrico e magnético) é enfatizar anomalias de pequenos comprimentos de onda.

Comentários:

Derivadas verticais ou horizontais de qualquer ordem são um dos tipos de filtro utilizado na interpretação dos dados geofísicos dos campos potenciais. Um desses métodos é o mapa de segundas derivadas acentuam



as anomalias associadas a corpos rasos, os quais são definidos por alta frequência e pequenos comprimentos de onda. Logo, a assertiva está **correta**.

28.(CEBRASPE/ANP - 2012) Os estudos de geofísica nas bacias sedimentares são essenciais para o mapeamento, levantamento geológico e locação de poços. Considerando que cada método geofísico tem a sua finalidade, julgue os itens subsequentes.

Anomalia Bouguer consiste no valor residual do campo gravimétrico, obtido após a aplicação das correções de latitude e de Bouguer.

Comentários:

A anomalia Bouguer consiste na diferença entre valor da gravidade observado no terreno (após as correções de elevação, de Bouguer, de terreno e de Eotvos) e o valor da gravidade normal reduzido para o nível do terreno. Logo, a assertiva está **incorreta**.

29.(CEBRASPE/ANP - 2012) Os estudos de geofísica nas bacias sedimentares são essenciais para o mapeamento, levantamento geológico e locação de poços. Considerando que cada método geofísico tem a sua finalidade, julgue os itens subsequentes.

O valor teórico da gravidade terrestre é calculado a partir do IGF (international gravity formula), independente da latitude.

Comentários:

A aceleração centrífuga e a aceleração da atração gravitacional variam com a latitude, e essas variações são responsáveis pela mudança no valor da gravidade. Logo, o valor da gravidade terrestre é dependente da latitude. Por isso, a assertiva está **incorreta**.

30.(CEBRASPE/ANP - 2012) Os estudos de geofísica nas bacias sedimentares são essenciais para o mapeamento, levantamento geológico e locação de poços. Considerando que cada método geofísico tem a sua finalidade, julgue os itens.

A intensidade do campo geomagnético na superfície da Terra é da ordem de 70.000 nT próximo aos polos e cerca da metade desse valor próximo ao equador e na região chamada de Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS), que está atualmente localizada em grande parte no Brasil, onde o campo é ainda mais fraco.

Comentários:

A intensidade do campo geomagnético é muito pequena e varia de acordo com a região da Terra. Os maiores valores são verificados nos polos, sendo cerca de 60.000nT no polo magnético norte e 70.000 nT no polo magnético sul. No Equador, o campo magnético é cerca de metade do valor verificado nos polos (cerca de 3.000 nT). Algumas regiões do planeta são marcadas por baixa intensidade total do campo geomagnético, como ocorre na região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS). Essa área estende do sudeste brasileiro até o sul do continente africano. Assertiva **correta**.

31.(CEBRASPE/ANP - 2012) Os estudos de geofísica nas bacias sedimentares são essenciais para o mapeamento, levantamento geológico e locação de poços. Considerando que cada método geofísico tem a sua finalidade, julgue os itens.



O mapa geomagnético reduzido ao polo é importante nos trabalhos de prospecção geológica, uma vez que corrige os dados, eliminando a influência da inclinação magnética.

Comentários:

É isso aí mesmo. A redução ao polo permite que os dados originalmente coletados em qualquer latitude seja analisado como se tivesse sido obtido no polo, onde a inclinação do campo é 90°. Esse procedimento é importante para que os efeitos da variação da direção e da inclinação sejam suprimidos dos dados. Logo, assertiva **correta**.

32.(CEBRASPE/ANP - 2012) Os estudos de geofísica nas bacias sedimentares são essenciais para o mapeamento, levantamento geológico e locação de poços. Considerando que cada método geofísico tem a sua finalidade, julgue os itens subsequentes.

O mapa de deconvolução de Euler, oriundo de dados de magnetometria, é importante, pois pode indicar anomalias magnéticas em diferentes profundidades.

Comentários:

A técnica de Deconvolução de Euler é um dos métodos de interpretação direta, que pode ser utilizado na determinação da profundidade de fontes magnéticas. Sua utilização permite que a profundidade seja estimada de forma mais rigorosa que outros métodos, mas a sua implementação é de maior dificuldade. Assertiva **correta**.

33.(CEBRASPE/ANP - 2012) Os estudos de geofísica nas bacias sedimentares são essenciais para o mapeamento, levantamento geológico e locação de poços. Considerando que cada método geofísico tem a sua finalidade, julgue os itens subsequentes.

A inversão de dados geofísicos é um trabalho específico da sísmica, pois visa o conhecimento da velocidade do meio físico.

Comentários:

A inversão de dados geofísicos é um dos procedimentos empregados no tratamento de dados nos diversos métodos de exploração geofísica. A aplicação desse procedimento é objetiva que os dados obtidos representem um modelo aceitável. Na inversão geofísica, aplica-se técnicas matemáticas e estatísticas para acessar informações sobre as propriedades físicas dos materiais em subsuperfície, a partir dos dados medidos. Essas informações incluem a suscetibilidade magnética, a densidade, a condutividade elétrica, entre outros. Na inversão geofísica, elabora-se modelos a partir de dados observados.

A inversão de dados geofísicos não é um trabalho específico da sísmica. Logo, a assertiva está **incorreta**.

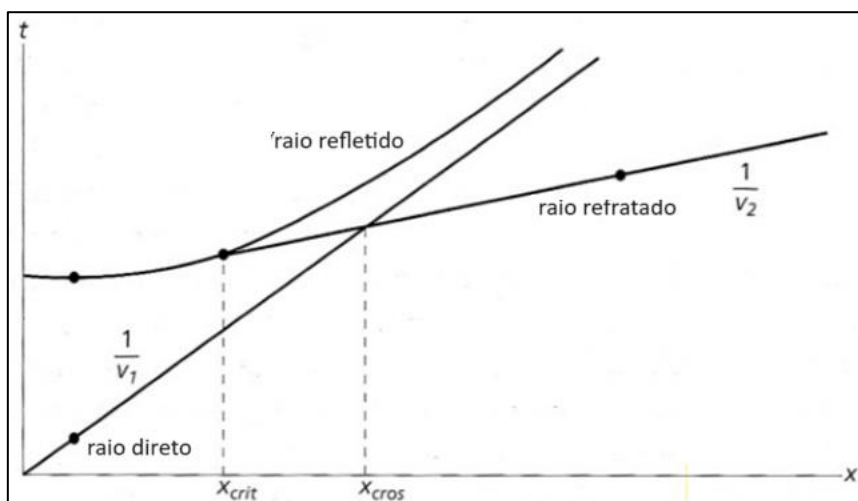
34.(CEBRASPE/ANP - 2012) Os estudos de geofísica nas bacias sedimentares são essenciais para o mapeamento, levantamento geológico e locação de poços. Considerando que cada método geofísico tem a sua finalidade, julgue os itens.

Com relação ao gráfico de tempo de primeiras chegadas da onda refratada, é correto afirmar que há uma distância mínima da fonte em que a onda começa a ser registrada na superfície. Há também uma distância a partir da qual a onda chega antes da onda direta. Nesta, os tempos das ondas direta e refratada são iguais.

Comentários:



O gráfico abaixo representa o tempo de chegada dos raios direto, refletido e refratado de uma onda.



Inicialmente, o primeiro raio a ser registrado na superfície é o raio direto. Numa distância da fonte igual a x_{cros} o tempo do raio refratado é igual ao tempo do raio direto, observe que em x_{cros} as curvas do raio refratado e do raio direto se cruzam. Para distâncias superiores a x_{cros} o menor tempo é obtido para o raio refratado, logo ele é o primeiro a ser registrado. Para distâncias menores que x_{cros} , o raio refratado nunca é o primeiro a chegar, e, por isso, é correto dizer que há uma distância mínima a partir da qual o raio refratado começa a ser medido na superfície. A assertiva descreve exatamente o que foi exposto, e por isso, está **correta**.

35.(CEBRASPE/ANP - 2012) Os estudos de geofísica nas bacias sedimentares são essenciais para o mapeamento, levantamento geológico e locação de poços. Considerando que cada método geofísico tem a sua finalidade, julgue os itens subsequentes.

O objetivo da maioria dos trabalhos em sísmica de reflexão é determinar a localização e a atitude dos refletores a partir do tempo de trânsito das primeiras reflexões, para inferir a estrutura geológica e a estratigrafia. As mudanças na estratigrafia ou a presença de hidrocarboneto podem ser identificadas por meio das análises da forma da onda refletida.

Comentários:

A assertiva descreve de forma **correta** a aplicação do método de geofísica de reflexão.

Os métodos sísmicos consistem na medição do tempo entre a emissão da onda até a sua detecção. O tempo registrado pelos sismógrafos é, posteriormente, convertido para profundidade. Através da sísmica de reflexão, o tempo de trânsito dos raios refletidos permite inferir a estrutura geológica e a estratigrafia. A sísmica de reflexão gera informações com alta resolução, e, por isso, é usualmente empregada na prospecção de hidrocarbonetos.

36.(CEBRASPE/ANP - 2012) Os estudos de geofísica nas bacias sedimentares são essenciais para o mapeamento, levantamento geológico e locação de poços. Considerando que cada método geofísico tem a sua finalidade, julgue os itens.

O tempo de trânsito da onda refletida com velocidade de 2.000 m/s em uma interface a 500 m de profundidade e um meio rochoso é igual a 0,8 segundos.



Comentários:

Sendo z a espessura da camada e V a velocidade da onda naquela camada, e, considerando a distância horizontal (x) igual a zero, o tempo de percurso de um raio refletido verticalmente é

$$t_0 = \frac{2z}{V}$$
$$t_0 = \frac{2 \times 500m}{2000m/s} = 0,5 \text{ segundos}$$

A assertiva está **incorreta**.

37.(CEBRASPE/ANP - 2012) Os estudos de geofísica nas bacias sedimentares são essenciais para o mapeamento, levantamento geológico e locação de poços. Considerando que cada método geofísico tem a sua finalidade, julgue os itens subsequentes.

A sísmica de refração e os métodos potenciais são úteis na identificação de feições geológicas que estão em grandes profundidades e são utilizados na indústria do petróleo, para a definição da qualidade dos reservatórios.

Comentários:

A sísmica de refração é útil para a identificação de feições geológicas que estão em grandes profundidades. No entanto, em virtude da resolução reduzida, não é muito aplicada para a definição da qualidade dos reservatórios de petróleo, sendo mais aplicável, nesse objetivo, a sísmica de reflexão. Logo, a assertiva está **incorreta**.

38.(CEBRASPE/Petrobras - 2004) Acerca dos métodos geofísicos e das técnicas de prospecção geofísica, julgue os seguintes itens.

A sísmica por reflexão é o método geofísico mais utilizado na prospecção de petróleo, pois fornece alta definição das feições geológicas em subsuperfície propícias à acumulação de petróleo.

Comentários:

A assertiva está **correta**. A sísmica de reflexão fornece alta resolução dos refletores, e, por isso, é utilizada na prospecção de estruturas que servem como armadilhas para a concentração de petróleo.

39.(CEBRASPE/Petrobras - 2004) Acerca dos métodos geofísicos e das técnicas de prospecção geofísica, julgue os seguintes itens.

As anomalias gravimétricas resultam de variações na densidade dos diferentes materiais que constituem o interior da Terra.

Comentários:

A assertiva está **correta**. O método geofísico de gravimetria é baseado na diferença de densidade dos materiais em subsuperfície. Ou seja, densidades muito altas (anomalias positivas) ou densidades muito baixas (anomalia negativa) podem significar importantes informações sobre o alvo. Um exemplo é o uso da Gravimetria na prospecção de hidrocarbonetos em camadas arqueadas por domos de sal, os quais são identificados devido à sua baixa densidade em comparação com as rochas nas quais se alocam.



40.(CEBRASPE/Petrobras - 2004) Acerca dos métodos geofísicos e das técnicas de prospecção geofísica, julgue os seguintes itens.

Para a prospecção geofísica, entre as propriedades físicas dos depósitos minerais e dos diversos tipos de rochas, destacam-se: a elasticidade, a resistência elétrica, a condutividade térmica, a susceptibilidade magnética, a radioatividade e a densidade.

Comentários:

É isso mesmo. Os métodos geofísicos baseiam-se na variação das propriedades físicas dos materiais. Essas propriedades incluem a elasticidade (métodos sísmicos), a resistência elétrica (métodos elétricos), a condutividade térmica (método térmico), a susceptibilidade magnética (método magnético), a radioatividade (método radiométrico) e a densidade (método gravimétrico). Logo a assertiva está **correta**.

41.(CEBRASPE/Petrobras - 2004) Acerca dos métodos geofísicos e das técnicas de prospecção geofísica, julgue os seguintes itens.

A prospecção magnética tem como objetivo medir as grandes variações na intensidade do campo magnético terrestre, resultantes da distribuição irregular das rochas magnetizadas em subsuperfície.

Comentários:

A prospecção magnética objetiva identificar as variações no campo magnético devidas à variação irregular das rochas magnetizadas em subsuperfície. Essas anomalias apresentam amplitudes muito menores do que os valores normais do campo magnético terrestre, devendo essas pequenas variações serem identificadas nos equipamentos. Por isso a assertiva está **incorreta**, ao mencionar que o objetivo da prospecção é medir as grandes variações do campo magnético.

42. (CEBRASPE/Prefeitura de Boa Vista - 2004) O conhecimento da estratigrafia de subsuperfície é adquirido a partir da abertura de poços, de sondagens e de levantamentos geofísicos. Os métodos geofísicos mais aplicados que fornecem informações sobre a constituição do subsolo, na ausência de poços, são: sísmica de reflexão e de refração, magnetometria e gravimetria. Nesse sentido, julgue os itens a seguir, referentes aos métodos geofísicos e de perfilagem.

Com referência a métodos geofísicos, julgue os itens que se seguem.

Em uma onda sísmica, há transmissão não apenas de vibrações das partículas do meio, mas também de deformação do meio.

Comentários:

As ondas sísmicas se propagam através da vibração das partículas dos materiais, produzindo deformação elástica minúsculas no meio. Essas deformações são elásticas e, portanto, não permanente. No entanto, nos pontos próximos às fontes sísmicas, a energia é intensa e, por isso, o material poderá sofrer deformação permanente.

Assertiva **correta**.

43.(CEBRASPE/Prefeitura de Boa Vista - 2004) O conhecimento da estratigrafia de subsuperfície é adquirido a partir da abertura de poços, de sondagens e de levantamentos geofísicos. Os métodos geofísicos mais aplicados que fornecem informações sobre a constituição do subsolo, na ausência de

116

174



poços, são: sísmica de reflexão e de refração, magnetometria e gravimetria. Nesse sentido, julgue os itens a seguir, referentes aos métodos geofísicos e de perfilagem.

Com referência a métodos geofísicos, julgue os itens que se seguem.

A velocidade de propagação das ondas que correspondem a deformações dilatação/compressão é maior que a das ondas que correspondem a deformações tangenciais.

Comentários:

As ondas que apresentam trajetórias com deformações dilatação/compressão são as ondas primárias (P). As ondas que apresentam deformações tangenciais ou cisalhantes são as ondas secundárias (S). As ondas P se propagam com maior velocidade que as ondas S. Logo a assertiva está **correta**.

44.(CEBRASPE/Prefeitura de Boa Vista - 2004) O conhecimento da estratigrafia de subsuperfície é adquirido a partir da abertura de poços, de sondagens e de levantamentos geofísicos. Os métodos geofísicos mais aplicados que fornecem informações sobre a constituição do subsolo, na ausência de poços, são: sísmica de reflexão e de refração, magnetometria e gravimetria. Nesse sentido, julgue os itens a seguir, referentes aos métodos geofísicos e de perfilagem.

Com referência a métodos geofísicos, julgue os itens que se seguem.

O método de sísmica de reflexão mostra, por meio de sismogramas, a situação litoestratigráfica real em uma bacia sedimentar.

Comentários:

No levantamento sísmico de reflexão, o sismograma ilustra os eventos de reflexão que foram mapeados sob o ponto médio em subsuperfície. Contudo, apenas quando o refletor estiver posicionado na horizontal que o ponto de reflexão estará localizado abaixo do ponto médio. Caso haja uma componente de mergulho o ponto de reflexão obtido não se coincidirá com o ponto de reflexão real. Quando a componente de mergulho estiver ao longo da linha de aquisição, o ponto de reflexão real estará deslocado no sentido oposto ao do mergulho da camada. Quando a componente de mergulho for cruzando a linha de aquisição, o plano de mergulho estará deslocado para fora do plano de seção. Por isso, o sismograma obtido pelo método de sísmica de reflexão não mostra a situação litoestratigráfica real em uma bacia sedimentar. Assertiva **incorreta**.

45.(CEBRASPE/FUB - 2004) Acerca dos métodos de prospecção geofísica, julgue os itens subsecutivos.

O método sísmico de prospecção geológica utiliza ondas eletromagnéticas, conhecidas como ondas longitudinais ou primárias (P) e ondas transversais ou secundárias (S); ambos os tipos se propagam perpendicularmente entre si com igual velocidade de propagação.

Comentários::

As ondas longitudinais ou primárias (P) propagam-se de forma à direção de perturbação, com movimentos uniaxiais de compressão e expansão). As ondas transversais, ou secundárias, se propagam perpendicularmente à direção de perturbação. A velocidade das ondas P (v_p) é superior à velocidade da onda S (v_s), sendo $v_p \approx 1,7v_s$. Dessa forma, a assertiva está **incorreta**.

46.(CEBRASPE/FUB - 2004) Acerca dos métodos de prospecção geofísica, julgue os itens subsecutivos.



Na prospecção de depósitos de urânio, a gamaespectrometria é o método geofísico mais indicado.

Comentários:

É isso aí! A assertiva está **correta**. O comentário da questão anterior é um resumo do método radiométrico e, por isso, o mesmo comentário é reproduzido a seguir.

Primeiramente, o levantamento radiométrico é baseado nas emissões radioativas dos isótopos instáveis, os quais são principalmente o **Urânio (^{238}U)**, o **Tório (^{232}Th)** e o **Potássio (^{40}K)**. A **radioatividade** ocorre com emissões de partículas **alfa**, **beta** ou raio **gama**. Contudo, apenas as partículas betas e os raios gama são identificados nos levantamentos radiométricos, sendo que nos levantamentos **aerotransportados**, apenas o decaimento dos raios **gammas** são utilizados. Os equipamentos utilizados incluem o **Contador Geiger, que** responde apenas às partículas **beta**, e o contador de **cintilação** ou cintilômetro, usado na medição de **radiação gama**.

Como o Urânio é um dos minerais que apresentam características de radioatividade, os métodos radiométricos podem ser aplicados na sua prospecção. Levantamentos aerotransportados utilizados com esse fim utilizam apenas os raios gama, sendo, por isso, a gamaespectrometria um dos métodos mais indicados para essa investigação.

DEMAIS BANCAS

47. (IBFC/SEAD - 2022) Analise as afirmativas abaixo:

- I. O magma localiza-se na camada da Terra denominada manto.
- II. A velocidade das ondas sísmicas depende de alguns fatores. Dentre esses fatores, não está inserida a densidade das rochas transpassantes.
- III. Geofísica é o estudo da estrutura, da composição, das propriedades físicas e dos processos dinâmicos da Terra através de métodos diretos e empíricos.
- IV. Segundo a Geofísica, os silicatos são a classe de minerais mais abundante da crosta terrestre. Os silicatos possuem densidade específica baixa, o que facilita sua disposição terrestre.

Estão corretas as afirmativas:

- a) I e IV apenas
- b) II e III apenas
- c) I, II e IV apenas
- d) II e IV apenas
- e) III e IV apenas

Comentários:

I. **Correta** - Não abordamos sobre a composição da terra nesta aula, pois não é parte do conteúdo de geofísica, mas, a estrutura interna da Terra é composta por diversas camadas, incluindo o manto, onde se encontra localizado o magma.



II. **Incorreta** - Veremos com maior detalhe sobre os métodos sísmicos na próxima aula, mas, um dos principais fatores que controla a velocidade das ondas sísmicas é a densidade das rochas em que a onda é propagada.

III. **Incorreta** - A Geofísica estuda o Planeta Terra de forma geral, no entanto, utilizando as propriedades físicas dos materiais. O seu estudo é realizado através de métodos indiretos, e não diretos, como mencionado no item.

IV. Correta - A Geofísica é um método de investigação indireto, o que permite fazer previsões a respeito da estrutura da Terra. Através da aplicação da Geofísica, com a investigação, por exemplo, da densidade das diferentes camadas da Terra, foi possível inferir que os silicatos são a classe de minerais mais abundante da crosta terrestre. Os silicatos possuem densidade específica baixa, o que facilita sua disposição terrestre.

Dessa forma, os itens corretos são I e IV. Logo a alternativa correta é a **Letra A**.

48. (IBADE/Prefeitura Municipal de Itapemirim - 2019) Para o estudo da gravidade diz-se que a gravidade é a soma vetorial da aceleração gravitacional e da aceleração:

- A) central.
- B) inercial.
- C) centrífuga.
- D) potencial.
- E) instantânea.

Comentários:

Como vimos, um corpo situado na superfície da Terra está sujeito à aceleração de atração gravitacional e à aceleração centrífuga. A resultante dessas duas acelerações é a gravidade, orientada para o centro da Terra, uma vez que a aceleração de atração é muito maior que a aceleração centrífuga. Logo, a alternativa correta é a **letra C**.

49. (IDCAP/CONSEG - 2019) Em relação aos termos geofísicos, assinale a alternativa correta, que corresponde a definição descrita abaixo.

“Linha que liga os pontos de mesma declinação magnética.”

- a) Isotópico.
- b) Isogama.
- c) Isógona.
- d) Isócrona.
- e) Isogeoterma.

Comentários:

a) **Incorreta** - Isotópico está relacionado à condição em que átomos que apresentem número de nêutrons diferentes, possua o mesmo número de prótons.

b) **Incorreta** - Isogama é a linha que liga os pontos onde os valores de gravidade terrestre são iguais.



- c) **Correta** - Isógona é linha que liga os pontos de mesma declinação magnética.
- d) **Incorreta** - O termo "Isócrona" possui dois conceitos, um deles, relacionado à sísmica, pode ser usado para se referir à linha que liga os pontos da chegada sincrônica das ondas sísmicas, o segundo conceito em mapas geológicos para se referir à linha imaginária que delimita as áreas petrográficas com a mesma idade absoluta.
- e) **Incorreta** - Isogeterna é a linha que liga lugares da mesma temperatura.

50. (IBADE/Prefeitura Municipal de Itapemirim - 2019) Os polos magnéticos da terra migram ao redor do polo geográfico, por ano, cerca de:

- (A) 1,2°.
(B) 0,8°.
(C) 0,5°.
(D) 0,2°.
(E) 0,06°.

Comentários:

O fenômeno de deriva foi observado em mapas de contornos de declinação magnética em diferentes épocas, o que indicou uma deriva de quase todas as linhas em direção à oeste. O fenômeno ocorre devido à variação da parte não dipolar do campo e alcança valores de cerca de 0,2° por ano. Alternativa correta **letra D**.

51. (FGV/SEAD-AP - 2019) Na geofísica aplicada os métodos elétricos são considerados os mais versáteis, sendo extensamente aplicados em prospecção mineral, prospecção de águas subterrâneas, estudos de geologia de engenharia e estudos ambientais.

Em relação aos métodos elétricos, assinale a afirmativa correta.

- (A) Envolvem a propagação de campos eletromagnéticos de baixa frequência e baseiam-se nos fenômenos físicos de eletricidade e magnetismo.
- (B) Investigação geofísica baseado nas medições e interpretações do campo gravitacional terrestre resultantes das diferenças de densidade entre as diversas rochas localizadas na superfície e subsuperfície terrestre.
- (C) Compreendem o método da resistividade, o método da Polarização Induzida (IP), o método do Potencial Espontâneo (SP) e os métodos Eletromagnéticos.
- (D) As principais fontes de radiação gama detectadas na superfície terrestre provêm da desintegração natural do potássio (40K) e dos elementos da série do urânio (238U) e do tório (232Th).
- (E) Propagação de ondas sísmicas (vibrações) através das rochas.

Comentários:

- (A) **Incorreta** - Envolvem a propagação de campos eletromagnéticos de baixa frequência e baseiam-se nos fenômenos físicos de eletricidade e magnetismo.
- (B) **Incorreta** - Os métodos gravimétricos consistem na investigação geofísica baseado nas medições e interpretações do campo gravitacional terrestre resultantes das diferenças de densidade entre as diversas rochas localizadas na superfície e subsuperfície terrestre.



(C) **Correta** - Os métodos elétricos compreendem o método da resistividade, o método da Polarização Induzida (IP), o método do Potencial Espontâneo (SP) e os métodos Eletromagnéticos.

(D) **Incorreta** - Com relação ao método radiométrico, as principais fontes de radiação gama detectadas na superfície terrestre provêm da desintegração natural do potássio (40K) e dos elementos da série do urânio (238U) e do tório (232Th).

(E) **Incorreta** - Os métodos sísmicos se baseiam na propagação de ondas sísmicas (vibrações) através das rochas.

52. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura Municipal de Rio Largo - 2019 - Adaptada) julgue o item a seguir

Mesmo sendo o interior da Terra inacessível à observação direta (devido às limitações tecnológicas de enfrentar as altas pressões e temperaturas), a partir do estudo das ondas sísmicas, é possível se ter uma ideia de sua estrutura interna e composição.

Comentários:

Os métodos geofísicos são os métodos indiretos e permitem que possamos conhecer sobre o Planeta Terra, mesmo em situações em que os métodos diretos não nos permitem, como é o caso da estrutura interna da Terra. Assertiva **correta**.

53. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Claro - 2019 - Adaptada) julgue o item a seguir

A propagação das ondas sísmicas depende das características físico-químicas dos corpos atravessados.

Comentários:

A propagação das ondas sísmicas depende das características dos corpos através dos quais elas são propagadas, como, por exemplo, a elasticidade. Assertiva **Correta**

54. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Claro - 2019 - Adaptada)

Quando uma onda sísmica se propaga de um material para outro, de densidade e elasticidade diferentes, sua velocidade e direção de propagação se mantêm.

Comentários:

Vimos que as características das ondas dependem do meio na qual ela se propaga. Dessa forma, se as propriedades do meio, como densidade e elasticidade, são alteradas as características da também são alteradas, de forma que a sua velocidade não se mantêm. Assertiva **incorreta**

55. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Claro - 2019 - Adaptada)

As ondas sísmicas são vibrações que se propagam através dos corpos por meio de partículas.

Comentários:

As ondas sísmicas são vibrações que se propagam através dos corpos por meio de energia, e não por meio de partículas. As partículas vibram com a passagem da onda, mas não se deslocam. Assertiva **incorreta**

56. (IDCAP/CONSEG - 2019) A maioria dos estudos geofísicos envolve medidas de propriedades físicas na região de interesse, isto é, no campo. Em relação aos métodos sísmicos, assinale a alternativa incorreta:



- (A) A deformação cisalhante produzida pela onda S (transversal) é inversamente proporcional ao parâmetro λ ou módulo de cisalhamento.
- (B) As ondas sísmicas são detectadas por instrumentos capazes de perceber os movimentos do solo por ocasião de sua passagem. Esses instrumentos são chamados geofones, ou hidrofones quando são usados nos oceanos ou lagos.
- (C) Dependendo dos objetivos da pesquisa, pode-se optar por analisar as ondas refletidas (método sísmico de reflexão) ou as ondas refratadas (método sísmico de refração).
- (D) Próximo às fontes sísmicas, sejam elas naturais ou artificiais, onde a energia é mais intensa, a rocha pode sofrer deformação permanente.
- (E) As velocidades das ondas sísmicas dependem da densidade das rochas pelas quais as ondas circulam e de suas propriedades elástica

Comentários:

- (A) A alternativa está **incorreta** e é o gabarito da questão. A deformação cisalhante produzida pela onda S (transversal) é **diretamente** proporcional ao parâmetro λ ou módulo de cisalhamento.
- (B) **Correta**. Exatamente isso geofones ou hidrofones detectam as ondas, as quais são registradas pelos sismógrafos, e o seu registro constituiu o sismograma
- (C) **Correta**. No método de **reflexão** os raios refletidos fornecem **mais detalhes** das camadas geológicas, sendo mais empregado na **prospecção** de **hidrocarbonetos** (petróleo e gás). No método de **refração**, os raios refratados fornecem **menos detalhes** estruturais, no entanto, como as ondas viajam **maiores distâncias** antes de serem detectadas pelos geofones, fornecerão mais informações de **grandes áreas**.
- (D) **Correta**. As **deformações** sofridas pelas rochas durante a passagem da onda são **elásticas**, logo, **não permanente**. No entanto, **próximo** à **fonte** de geração da onda, devido à **energia elevada**, essas deformações podem ser não elásticas, ou **permanentes**.
- (E) **Correta**. As **características** das **rochas**, como **densidade** e suas **propriedades elástica** controlam o **comportamento** da **onda** como a amplitude e a velocidade. A **frequência**, por outro lado, depende da **fonte** de emissão da onda.

57.(EXATUS/Prefeitura Municipal de Caxias do Sul - 2018 - Modificada) Julgue se as afirmações abaixo são verdadeiras e em seguida assinale a alternativa correta

Há diferentes tipos de ondas sísmicas utilizadas para o estudo do planeta. As ondas S, ondas de corpo secundárias, são ondas compressivas (comprimem e dilatam progressivamente o corpo ao se propagarem) e são ondas longitudinais, ou seja, as vibrações são paralelas à direção de propagação como as ondas sonoras. Além disso, propagam-se tanto em sólidos quanto em líquidos.

Comentários::

Toda essa descrição é sobre as ondas P, primárias, e não sobre as ondas S. Por isso, a assertiva está **incorreta**.

58.(CESGRANRIO/Petrobras - 2018) Um dos métodos indiretos de investigação de bacias sedimentares mais utilizados nas etapas de exploração de hidrocarbonetos é o método sísmico de reflexão. Nesse método, os refletores identificados em uma linha sísmica representam horizontes definidos por contrastes de impedâncias acústicas no pacote rochoso.

122

174



Tendo como base essas premissas, o conceito de impedância acústica pode ser expresso como o(a)

- (A) produto entre velocidade e a densidade da rocha
- (B) produto entre porosidade e a densidade da rocha
- (C) composição mineralógica da rocha
- (D) razão entre o coeficiente de reflexão e a pressão litostática
- (E) razão entre pressão e saturação de fluidos

Comentários:

A **impedância acústica** consiste no **produto** da **densidade** do meio pela **velocidade** da onda naquele meio. A impedância acústica de um material está relacionada com as suas **propriedades**, sendo que, quanto **mais rígida** é a rocha, **mais alta** é a sua **impedância**. O **menor contraste** de impedância acústica em uma interface resulta na **maior propagação** de energia transmitida através da interface. Por outro lado, quanto **maior** o **contraste** entre os dois materiais, **mais** energia é **refletida**.

Logo, a alternativa correta é a **letra A**.

59.(IDAM/SEPROR - 2018) Sobre a radiação eletromagnética (EM) e suas leis, analise as afirmativas abaixo.

I. A radiação EM do espaço é incapaz de atingir a superfície da Terra, exceto em muito poucos comprimentos de onda, tais como o espectro visível e as frequências de rádio.

II. De acordo com a Lei de Stefan – Boltzmann, a energia emitida aumenta na quarta potência da temperatura.

III. De acordo com a Lei de Wein, o comprimento de onda aumenta com aumento da temperatura.

IV. De acordo com a Lei de Planck, o espectro da radiação eletromagnético emitido na temperatura T, depende do comprimento de onda.

Estão corretas as afirmativas:

- (A) I e IV apenas
- (B) I e III apenas
- (C) II e III apenas
- (D) II e IV apenas

Comentários:

I. Incorreta - A radiação EM do espaço pode atingir a superfície da Terra e constitui as fontes naturais utilizadas nos levantamentos eletromagnéticos. Essas ondas podem ser geradas a partir de relâmpagos, que ocorrem em tempestades e se concentram na região equatorial ou podem ser geradas a partir do sistema de correntes elétricas que se desenvolvem na magnetosfera terrestre.

II. Correta De acordo com a Lei de Stefan – Boltzmann, a energia emitida aumenta na quarta potência da temperatura. A Lei de Stefan-Boltzmann descreve a taxa de transferência de calor por radiação (q) de um corpo em função da emissividade (ϵ) do corpo e da sua temperatura absoluta (T), sendo expressa através da expressão: $q = \epsilon \cdot \sigma \cdot T^4$



III. **Incorreta** De acordo com a Lei de Wein, o comprimento de onda diminui com aumento da temperatura. A relação entre a temperatura e a mudança do pico do comprimento de onda é descrito pela Lei de Wein, a qual pode ser expressa através da relação $\lambda_{\max} = b/T$

IV. **Correta** De acordo com a Lei de Planck, o espectro da radiação eletromagnético emitido na temperatura T, depende do comprimento de onda. Considerando o enunciado da Lei de Planck, entende-se que a radiação emitida é função do comprimento de onda e que, para qualquer comprimento de onda, a magnitude da radiação emitida aumenta com o aumento da temperatura. Além disso, a temperatura também controla a região do espectro em que a radiação se concentra, sendo que mais radiação aparece em comprimentos de onda mais curtos à medida que a temperatura aumenta

Os itens II e IV estão corretos e, portanto, a **alternativa D** é o gabarito da questão.

60. (FCC/SEMA - 2016) Sobre o Radar de Penetração do Solo – GPR, é correto afirmar:

- (A) Camadas com condutividade elétrica extremamente baixa, resultam em forte atenuação do sinal GPR.
- (B) Quanto menor a frequência do sinal transmitido ao meio geológico, menor a profundidade de penetração.
- (C) Quanto maior a frequência do sinal transmitido ao meio geológico, resulta em menor resolução do sinal recebido.
- (D) Camadas geológicas com resistividade elétrica elevada, resultam em forte atenuação do sinal do GPR.
- (E) Quanto maior a frequência do sinal transmitido ao meio geológico, menor a profundidade de penetração.

Comentários:

- (A) **Incorreta** - A maior condutividade elétrica resulta em maior atenuação, ou seja, menor é a propagação da onda de GPR. Logo, camadas com **condutividade** elétrica extremamente **baixa**, resultam em **baixa atenuação** do sinal GPR.
- (B) **Incorreta** - Quanto **menor** a **frequência** do sinal transmitido ao meio geológico, **maior** a **profundidade** de penetração.
- (C) **Incorreta** - Quanto **maior** a **frequência** do sinal transmitido ao meio geológico, resulta em **maior resolução** do sinal recebido.
- (D) **Incorreta** - Camadas geológicas com **resistividade** elétrica **elevada**, resultam em **fraca atenuação** do sinal do GPR.
- (E) **Correta** Quanto **maior** a **frequência** do sinal transmitido ao meio geológico, **menor** a **profundidade** de penetração, e **maior** a **resolução**.

61. (FCC/SEMA - 2016) Durante as medidas de campo pelo método da eletrorresistividade, por meio de dois eletrodos cravados na superfície do terreno, envia-se corrente elétrica (ampères – A) ao subsolo. Em outros dois eletrodos, denominados de eletrodos de potencial, uma tensão (volts – V) é medida. Conhecendo as distâncias entre os eletrodos, a resistividade elétrica aparente (ohm. m) é calculada. É correto afirmar:

- (A) Quanto menor a corrente elétrica injetada, menor a interferência do campo geomagnético nas leituras.



- (B) Quanto maior a corrente elétrica injetada no subsolo, maiores profundidades de investigação são alcançadas.
- (C) Quanto mais se abre a distância entre os eletrodos de corrente, maiores profundidades de investigação são alcançadas.
- (D) Para uma mesma abertura de eletrodos, ao se dobrar o valor da corrente elétrica, o potencial lido é multiplicado por um fator de quatro.
- (E) Para uma mesma abertura de eletrodos, ao se dobrar o valor da corrente elétrica, o potencial lido é dividido por um fator de dois.

Comentários:

- (A) Alternativa **incorreta**. Uma interferência do campo geomagnético nas leituras não está relacionada com a maior ou menor corrente elétrica injetada. Além disso, o método magnético nada tem a ver com o método de eletrorresistividade.
- (B) Alternativa **incorreta**. As maiores profundidades de investigação do método de eletrorresistividade não dependem da maior quantidade de corrente elétrica injetada, mas sim, do maior espaçamento entre os eletrodos.
- (C) Alternativa **Correta**. As maiores profundidades de investigação no método de resistividade são alcançadas com o maior espaçamento entre os eletrodos de corrente AB.
- (D) Alternativa **incorreta**. A relação entre a diferença de potencial (V) e a corrente (i) é diretamente proporcional e dada por $V = R \cdot i$. Na situação em que for dobrado o valor da corrente, o potencial lido também será o dobro.
- (E) Alternativa **incorreta**. Conforme a relação $V = Ri$, ao se dobrar o valor da corrente elétrica, o potencial lido é multiplicado por um fator de dois.

62. (IESES/POTIGÁS - 2012) Na aplicação de métodos geofísicos usam-se medidas das propriedades físicas da Terra para estudá-la. Os mais utilizados na indústria do petróleo são:

I. Gravimetria e Magnetometria

II. Altimetria e Resonância

III. Composições das rochas

IV. Estratigráficos

Está correto afirmar que:

- a) Apenas a alternativa II está correta.
- b) Apenas a alternativa I está correta.
- c) As alternativas I, II, III e IV estão corretas.
- d) Apenas as alternativas I, II e III estão corretas.

Comentários:



Aqui, não há muito o que dizer. Esta é a questão de geofísica mais fácil que você encontrará. A única alternativa que apresenta métodos de levantamento geofísico é o item I. Logo, a alternativa correta é a **Letra B**.

63.(CESGRANRIO/Petrobrás - 2011) Considerando-se uma onda sísmica P incidindo obliquamente à interface entre camadas sedimentares com diferentes velocidades de propagação, a onda

- (A) refratada não sofrerá mudança na sua direção de propagação.
- (B) refratada se distanciará da normal à interface entre as camadas, se a velocidade de propagação aumentar da camada superior para a camada inferior.
- (C) refratada se aproximará da normal à interface entre as camadas, se a velocidade de propagação aumentar da camada superior para a camada inferior.
- (D) refletida se propagará com um ângulo de reflexão maior do que o ângulo de incidência.
- (E) refletida se propagará com um ângulo de reflexão menor do que o ângulo de incidência

Comentários:

- (A) **Incorreta** - A onda refratada sofre mudança na sua direção de propagação, dependendo do índice de refração ou da velocidade de propagação da onda naquele meio.
- (B) **Correta** - A onda refratada se **distanciará** da normal à interface entre as camadas, se a **velocidade** de propagação **aumentar** da camada superior para a camada inferior.
- (C) **Incorreta** - A onda refratada se **aproximará** da normal à interface entre as camadas, se a **velocidade** de propagação **diminuir** da camada superior para a camada inferior.
- (D) **Incorreta** - A onda **refletida** se propagará com um **ângulo** de reflexão **igual** ao ângulo de **incidência** e sua **velocidade** também será a **mesma**, uma vez que não houve mudança do meio.
- (E) **Incorreta** - A onda **refletida** se propagará com um **ângulo** de reflexão **igual** ao ângulo de **incidência**, e sua **velocidade** também será a **mesma**, uma vez que não houve mudança do meio.

64.(CESGRANRIO/Petrobras - 2010) Tendo em vista os princípios de propagação de ondas, considere as afirmativas abaixo.

I – O Princípio de Huygens estabelece que cada ponto em uma frente de onda funciona como uma fonte de ondas secundárias (elementares), que compõe a frente de onda em uma nova posição ao longo da propagação.

II – A difração é um fenômeno que ocorre com as ondas quando elas passam por um orifício ou contornam um objeto cuja dimensão é da mesma ordem de grandeza que o seu comprimento de onda.

III – O Princípio de Fermat estabelece que a luz se propaga entre dois pontos sem obstáculos no menor tempo possível. No caso da sísmica, como consequência deste princípio, o caminho percorrido por uma onda em um meio heterogêneo é uma linha reta.

IV – O Princípio da Superposição estabelece que a combinação linear de diferentes entradas de um sistema linear e invariante no tempo é igual a esta combinação aplicada às saídas geradas por cada entrada original separadamente. Desta forma, o efeito de um conjunto de ondas sísmicas em meios elásticos pode ser analisado pela soma dos seus efeitos individuais.



V – O Princípio da Reciprocidade diz que a permuta das posições ocupadas pela fonte e pelo receptor não altera a trajetória do raio. Tal princípio é válido somente em meios homogêneos.

São corretas as afirmativas

- (A) III e V, apenas.
- (B) I, II e IV, apenas.
- (C) II, III e IV, apenas.
- (D) I, II, III e IV, apenas.
- (E) I, II, III, IV e V.

Comentários:

I – **Correta**.

II – **Correta**.

III – **Incorreta**. Em meios heterogêneos, o caminho percorrido por uma onda não é uma linha reta.

IV – **Correta**.

V – **Incorreta**. Esse princípio é válido tanto para meios homogêneos quanto para meios heterogêneos.

Alternativa correta é a **Letra B**.

65. (CESGRANRIO/Petrobras - 2010) A respeito dos métodos de gravimetria e magnetometria, conhecidos como métodos potenciais, analise as afirmativas abaixo.

I - As medidas de gravidade, obtidas pelos gravímetros, variam com a latitude e variações de densidade das rochas em subsuperfície.

II - Tanto a gravimetria como a magnetometria são úteis para o reconhecimento e mapeamento de grandes estruturas geológicas que não aparecem na superfície da Terra.

III - A magnetometria só pode ser utilizada em terra, pois, nos oceanos, a presença da lâmina d'água impede a determinação das variações magnetométricas em subsuperfície.

IV - Em geral, as rochas básicas apresentam altos valores de susceptibilidade magnética, enquanto que os valores de susceptibilidade magnética das rochas sedimentares são baixos.

V - A prospecção gravimétrica pode ser realizada nos continentes e nos oceanos e, até mesmo, a partir de gravímetros aerotransportados.

São corretas APENAS as afirmativas

- (A) I e III.
- (B) II e IV.
- (C) I, III e IV.
- (D) II, III e V.



(E) I, II, IV e V

Comentários:

I - Correta - Essas são duas variáveis nas medidas obtidas nos levantamentos gravimétricos. As variações nos valores dos dados, indicados pelas mudanças na densidade das rochas é desejável e consiste no princípio do método. No entanto, a influência da variação da latitude é indesejável nos levantamentos gravimétricos, e, por isso, devem ser feitas correções nos dados para eliminar esses efeitos.

II - Correta - Como são métodos que podem ser utilizados em levantamentos aerotransportados, tanto a gravimetria como a magnetometria são úteis para o reconhecimento e mapeamento de grandes estruturas geológicas que não aparecem na superfície da Terra.

III - Incorreto. A magnetometria pode ser utilizada tanto em terra como em oceanos.

IV - Correto. Como vimos, as rochas ígneas básicas são as que apresentam maior suscetibilidade magnética, devido à presença de minerais ricos em Fe. Pelo mesmo motivo, as rochas sedimentares apresentam baixos valores de suscetibilidade magnética.

V - Correto. A prospecção gravimétrica pode ser realizada nos continentes e nos oceanos e, até mesmo, a partir de gravímetros aerotransportados. No entanto, levantamentos gravimétricos aerotransportados nem sempre são aplicáveis, devido a sua baixa precisão. De forma geral, nos levantamentos em terra, atinge-se precisões de $\pm 0,1$ gu, enquanto no mar essa precisão é de ± 10 gu. No levantamento aéreo essa precisão é ainda menor, cerca de ± 10 mgal. Por isso, os métodos aerogravimétrico nem sempre são viáveis, a depender do propósito do levantamento geofísico.

Alternativa correta **letra E**.

66.(CESGRANRIO/Petrobras - 2010) As substâncias, ou materiais terrestres, não apresentam o mesmo comportamento magnético quando submetidas à ação de um campo magnético. Dependendo das características do campo magnético (BM) adquirido pela substância, quando na presença do campo magnético externo B_0 , as substâncias são consideradas

(A) ferromagnéticas, com suscetibilidade magnética muito elevada e negativa.

(B) ferromagnéticas, com suscetibilidade magnética muito elevada e positiva.

(C) paramagnéticas, com suscetibilidade magnética muito elevada e positiva.

(D) diamagnéticas, com baixo valor de suscetibilidade magnética e positiva.

(E) diamagnéticas, com elevado valor de suscetibilidade magnética e positiva.

Comentários:

(A) **Incorreta** - substâncias ferromagnéticas possuem suscetibilidade magnética positiva.

(B) **Correta**

(C) **Incorreta** - substâncias paramagnéticas possuem baixa suscetibilidade magnética.

(D) **Incorreta** - substâncias diamagnéticas possuem suscetibilidade magnética negativa

(E) **Incorreta** - substâncias diamagnéticas possuem baixa suscetibilidade magnética e negativa.



67.(CESGRANRIO/Petrobras - 2010) Sabendo-se que as ondas sísmicas têm diferentes formas de propagação,

I - onda compressional é a onda sísmica na qual as partículas vibram na direção de sua propagação, sendo normalmente um pouco mais lentas que as ondas Love e propagando-se tanto em meios sólidos quanto em meios líquidos.

II - onda cisalhante é a onda sísmica caracterizada pela vibração na direção perpendicular à de propagação, só se propagando em meios sólidos.

III - onda Love é a onda superficial na qual as partículas do meio executam um movimento elíptico e retrógrado no plano vertical que contém a direção de propagação.

IV - onda Rayleigh é a onda superficial dispersiva, caracterizada pelo deslocamento horizontal e perpendicular à direção de propagação, que requer a existência de uma camada superficial de baixa velocidade recobrindo um meio de velocidade mais alta. Sua velocidade de propagação diminui com a frequência.

Está correto APENAS o que se afirma em

- (A) I.
- (B) II.
- (C) I e II.
- (D) III e IV.
- (E) II, III e IV

Comentários:

I - Incorreta. Onda compressional é a onda sísmica na qual as partículas vibram na direção de sua propagação, são mais rápidas que as ondas Love e propagam-se tanto em meios sólidos quanto em meios líquidos.

II - Correta.

III - Incorreta. Onda Rayleigh é a onda superficial na qual as partículas do meio executam um movimento elíptico e retrógrado no plano vertical que contém a direção de propagação.

IV - Incorreta. Onda Love é a onda superficial dispersiva, caracterizada pelo deslocamento horizontal e perpendicular à direção de propagação, que requer a existência de uma camada superficial de baixa velocidade recobrindo um meio de velocidade mais alta. Sua velocidade de propagação diminui com a frequência.

Apenas o item II está correto. Logo, o gabarito é a **Letra B**.

68.(CESGRANRIO/Petrobras - 2010) Para um raio de onda P incidindo no ângulo crítico, de cima para baixo, em uma interface em que a velocidade de propagação na camada inferior é maior do que na camada superior, o raio criticamente refratado terá uma velocidade de propagação

- (A) igual à da onda incidente
- (B) maior do que a da onda incidente
- (C) menor do que a da onda incidente



- (D) menor do que a da onda incidente em rochas maciças
(E) menor do que a da onda incidente em rochas muito porosas

Comentários:

Entre a trajetória de descida até a interface das camadas e a trajetória de subida até o detector, o raio refratado percorre ao longo do segmento da interface entre as duas camadas, com a velocidade correspondente à camada inferior que, nesse caso, é mais alta que a velocidade v_1 . Logo, a **alternativa b** está correta e é o gabarito da questão

69. (CESGRANRIO/Petrobras - 2010) O método sísmico se baseia na propagação, pelo interior da Terra, de ondas elásticas, a partir de fontes naturais ou artificiais. Sobre o método sísmico, analise as afirmativas abaixo.

I - As ondas elásticas, ao se propagarem em subsuperfície, são refletidas e refratadas nas interfaces entre as camadas geológicas.

II - Na sísmica de reflexão, as ondas elásticas refletidas a partir das interfaces entre camadas geológicas são registradas em superfície.

III - A imagem sísmica é composta pela disposição lado a lado dos traços sísmicos, que registram os valores de amplitude do sinal recebido.

IV - Nos levantamentos sísmicos terrestres, o sinal sísmico emitido pelos sismógrafos, a partir da fonte sísmica, é captado pelo geofone.

V - Na sísmica marinha, os receptores do sinal sísmico são denominados hidrofones.

São corretas APENAS as afirmativas

- (A) I e II.
(B) III e IV.
(C) I, II e IV.
(D) III, IV e V.
(E) I, II, III e V.

Comentários:

I - **Correto.** O comportamento de reflexão e refração das ondas sísmica é o fundamento dos métodos sísmicos de refração e reflexão.

II - **Correto.** O método de sísmica de reflexão se baseia na reflexão das ondas nas interfaces de diferentes materiais. As ondas refletidas são detectadas em superfície por meio de um transdutor e o registro e apresentação das formas da onda sísmica é feita por meio de um sismógrafo.

III - **Correto.** Um sismograma consiste na representação gráfica dos traços sísmicos recebidos pelo detector. O traço sísmico consiste no registro pelo detector dos pulsos refletidos, sendo que a modulação da amplitude desses pulsos depende da distância percorrida e dos coeficientes de reflexão das interfaces.



IV - **Incorreta**. Nos levantamentos sísmicos a geração de um pulso sísmico ocorre em uma fonte, a detecção das ondas sísmicas no solo é feita por meio de um transdutor e o registro e apresentação das formas da onda sísmica por meio de um sismógrafo.

V - **Correto**. Os instrumentos capazes de detectar as ondas sísmicas são chamados de geofones. Quando o levantamento é realizado em oceanos ou lagos, esses instrumentos são denominados de hidrofone.

Alternativa correta **letra E**.

70. (Instituto Movens/DNPM - 2010) Geofísica é a ciência que aplica os princípios físicos ao estudo da Terra. Existe uma ampla gama de métodos de levantamentos geofísicos e, para cada um, há uma propriedade física operativa à qual o método é sensível. A respeito da geofísica, julgue os itens abaixo como Verdadeiros (V) ou Falsos (F) e, em seguida, assinale a opção correta.

I – A sísmica mede tempos de percurso de ondas sonoras refletidas e refratadas, e sua propriedade física operativa é a densidade e módulos elásticos, os quais determinam a velocidade de propagação de ondas sísmicas.

II – A gravimetria mede variações espaciais da força do campo gravitacional da Terra e tem como propriedade física operativa a densidade.

III – A magnetometria mede variações da força do campo geomagnético e possui como propriedades físicas operativas a suscetibilidade magnética e a remanescência.

A sequência correta é:

(A) V, F, V.

(B) V, V, F.

(C) F, V, V.

(D) F, F, V.

(E) V, V, V.

Comentários:

Todos os métodos geofísicos se baseiam nas variações das propriedades físicas, ou sejam todos possuem propriedade física operativa. Para os métodos sísmicos as propriedades que controlam a propagação das ondas nos materiais são a densidade e os módulos elásticos. Para o método gravimétrico, a resposta depende das densidades dos materiais e para a magnetometria, a propriedade de interesse é a suscetibilidade magnética. Os levantamentos magnéticos podem, ainda, considerar tanto a magnetização induzida como a remanescente, sendo que, geralmente, é utilizada a primeira.

As três assertivas estão corretas, e, por isso, o gabarito da questão é a **letra E**.

71. (CESGRANRIO/ Petrobras - 2010) Seja V_p igual à velocidade da onda P e V_s igual à velocidade da onda S em rochas sedimentares. Em uma camada de rocha reservatório siliciclástica, à medida que a porosidade aumenta, qual das seguintes situações ocorre?

(A) V_p decresce; V_s decresce; Razão V_p/V_s fica estável

(B) V_p decresce; V_s aumenta; Razão V_p/V_s decresce



- (C) V_p decresce; V_s decresce; Razão V_p/V_s aumenta
(D) V_p aumenta; V_s aumenta; Razão V_p/V_s fica estável
(E) V_p aumenta; V_s decresce; Razão V_p/V_s aumenta

Comentários:

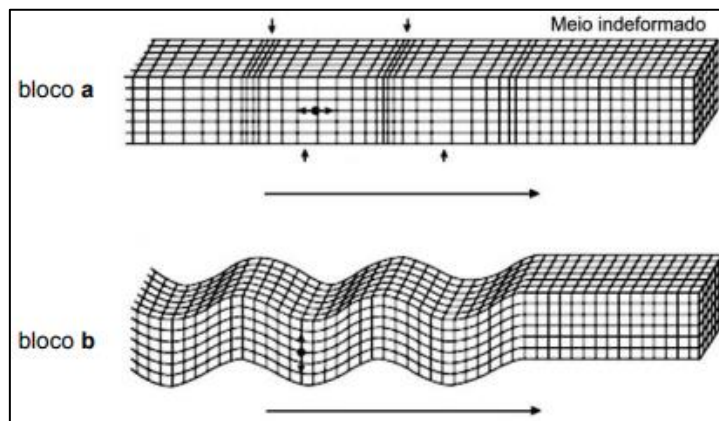
Em qualquer interface em que haja incidência obliquamente da onda P, resulta na geração de ondas S. Dessa forma, qualquer dado sísmico contém energia tanto da onda P quanto da onda S. Através da análise dos diferentes movimentos das partículas durante a propagação dessas ondas e das velocidades das ondas P e S, torna-se possível separar e analisar cada uma dessas ondas.

Numa camada de rocha reservatório siliciclástica, a onda P é transmitida tanto através da matriz rochosa (grãos minerais), quanto através dos fluidos nos poros. O comportamento da onda P, nessas rochas, é dado pela média das propriedades da matriz rochosa e dos fluidos intersticiais, de forma ponderada pela porosidade da rocha. A onda S, ao contrário do que ocorre com a onda P, propaga-se apenas através da matriz rochosa, não se propagando nos fluidos.

Dessa forma, a mudança na porosidade de uma rocha afetará as duas ondas de maneira distinta. O aumento da porosidade da rocha reservatório provocará redução da velocidade tanto da onda P quanto da onda S. No entanto, considerando que na rocha reservatório os poros estarão preenchidos de fluido, a onda P se propagará pelo fluido com uma velocidade menor que a sua propagação pela matriz, enquanto a onda S não se propagará pelo fluido. Dessa forma, a redução da velocidade da onda S é mais significativa que da onda P, de forma que, a razão (V_p/V_s) entre a velocidade (V_p) da onda P e a velocidade (V_s) da onda S aumentará.

Dessa forma, o gabarito da questão é a **letra C**.

72. (Cesgranrio/EPE - 2010)



KEAREY, P.; BROOKS, M. & Hill, I. 2002. An Introduction to Geophysical Exploration. 3a Edição. Blackwell Science.

Com base na representação e na análise dos blocos diagramas acima, no que se relaciona à propagação de ondas sísmicas através de um sólido, conclui-se que

- (A) o bloco a representa ondas do tipo P, de caráter compressional e dilatacional.
(B) o bloco a representa ondas do tipo S, de caráter compressional e dilatacional.
(C) o bloco a representa ondas do tipo S, que se propagam perpendicularmente à direção de migração da onda.

(D) o bloco b representa ondas do tipo S, de caráter compressional e dilatacional.

(E) os blocos a e b representam ondas do tipo P, de caráter compressional dilatacional, propagando-se em meios reologicamente distintos.

Comentários:

(A) Alternativa **correta**

(B) **Incorreta**. O bloco a representa ondas do tipo **P**, de caráter compressional e dilatacional.

(C) **Incorreta**. O bloco a representa ondas do tipo **P**, que se propagam **paralelamente** à direção de migração da onda.

(D) **Incorreta**. O bloco b representa ondas do tipo S, de caráter **cisalhantes**.

(E) **Incorreta**. O bloco a representa onda do tipo P, de caráter compressional dilatacional e o bloco b, onda do tipo S.

73. (CESGRANRIO/Petrobras - 2010) Sobre as características da propagação de ondas em diferentes meios, considere as afirmativas abaixo.

I – Em um meio dispersivo, a velocidade de grupo pode ser maior ou menor que a velocidade de fase.

II – Em um meio não dispersivo, a velocidade de fase é sempre maior que a velocidade de grupo.

III – A frequência, a velocidade e o comprimento de onda variam quando há mudança de meio.

IV – Uma onda contendo diferentes frequências propaga-se sem perder sua forma em um meio não dispersivo.

Está correto APENAS o que se afirma em

(A) III.

(B) I e II.

(C) I e IV.

(D) III e IV.

(E) II, III e IV

Comentários::

I – Correta. Em um meio **dispersivo**, a velocidade de grupo pode ser maior ou menor que a velocidade de fase.

II – Incorreta. Em um meio **não dispersivo**, a velocidade de fase é sempre **igual** a velocidade de grupo.

III – Incorreta. A **frequência** da onda depende da sua **fonte**, portanto, não varia com a mudança de meio.

IV – Correta. Uma onda contendo **diferentes frequências** propaga-se **sem perder sua forma** em um meio **não dispersivo**.

Alternativa correta é a **letra C**. I e IV estão corretas.

74. (UFMG/UFMG - 2008) Os principais métodos de pesquisa mineral que utilizam a geofísica são: sísmica, magnetometria, gravimetria, eletroresistividade, polarização induzida, eletromagnetometria e



gamaespectrometria. Alguns desses métodos podem ser realizados por aerogeofísica outros por geofísica terrestre.

Assinale a alternativa que apresenta somente métodos que podem ser realizados por aerogeofísica.

- A) Gamaespectrometria e eletromagnetometria.
- B) Gravimetria e magnetometria.
- C) Eletroresistividade e eletromagnetometria.
- D) Polarização Induzida e Magnetometria.

Comentários:

Como vimos, os métodos elétricos, sísmicos e térmicos não são usados na aerogeofísica. Nesse tipo de levantamento geofísico, apenas os métodos eletromagnéticos, magnéticos e gravitacionais são utilizados. Em que pese o método aerogravimétrico possa ser utilizado, a sua aplicação é bastante restrita, isso porque as medidas realizadas através da aerogravimetria apresentam erros que ultrapassam a 10mgal, e, por isso, esse método é inadequado para a prospecção mineral. Dessa forma, considera-se que esse método apenas fornece bons resultados em levantamentos de escala global ou em reconhecimentos na prospecção de petróleo⁴¹. Por isso o gabarito é a **alternativa A**.

75.(CESGRANRIO/ANP - 2008) Quais são as unidades normalmente utilizadas para a intensidade dos campos magnéticos?

- (A) Bouguer ou oersted
- (B) Curie ou gama
- (C) Oersted ou bouguer
- (D) Gama ou gal
- (E) Gama ou oersted

Comentários:

Bouguer e Curie nada tem a ver com unidade de medidas de campo magnético. As unidades de medida dos campos magnéticos no sistema cgs são oersted e gauss. No entanto, nos levantamentos magnéticos, as variações decorrentes das anomalias magnéticas são muito pequenas, e por isso, utiliza-se ao invés de Gauss o gama, que equivale a $10^{-5}G$. Gabarito **Letra B**.

QUESTÕES INÉDITAS

76. (Inédita/Renê - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

A aplicação dos métodos geofísicos tem como uma das vantagens a possibilidade de serem feitas observações sobre os materiais em subsuperfície, através de medidas realizadas, geralmente, na superfície, e, por isso, prescinde dos métodos de observação direta.

⁴¹ LUIZ J. G. COSTA e SILVA L. M. da. Geofísica de Prospecção Belém, Universidade Federal do Pará, Cejup, 1995



Comentários:

A aplicação dos métodos geofísicos (investigação indireta) não prescinde (dispensa) os métodos tradicionais (investigação direta). Os dois métodos fornecem abordagens distintas e, por isso, são complementares. Assertiva **incorreta**.

77. (Inédita/Renê - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

Os levantamentos aerotransportados apesar de serem caracterizados pelo baixo custo e maior rapidez na obtenção dos resultados, apresenta limitação quanto ao tipo de método, não sendo aplicados os métodos sísmicos e elétricos, por exemplo.

Comentários:

As características dos métodos de levantamento sísmico e elétricos requerem contato com o solo para a captação e registro do parâmetro investigado (onda sísmica e corrente elétrica). Por isso, esses métodos não são aplicáveis em aerolevantamentos. Assertiva **correta**.

78. (Inédita/Renê - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

O processo de discretização, que consiste na conversão das intensidades da informação contínua em números, é importante para o tratamento dos dados, uma vez que torna esses dados mais apropriados para a interpretação.

Comentários:

O conceito apresentado se refere ao conceito de quantificação. A discretização consiste na conversão das medidas registradas analogicamente para a forma digital. O processo de discretização é realizado através das operações amostragem e quantificação. A amostragem refere-se à determinação das distâncias ou tempos, em que a informação contínua deve ser observada, enquanto a quantificação é a conversão das intensidades da informação contínua em números. Assertiva **incorreta**.

79. (Inédita/Renê - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

As operações de correção, filtragem e empilhamento são realizadas para eliminar ou reduzir os efeitos dos ruídos nos dados, fazendo modificações seletivas.

Comentários:

As operações de correção, filtragem e empilhamento são realizadas para eliminar os efeitos indesejáveis dos dados, reduzindo ou eliminando os efeitos dos ruídos, através de modificações seletivas. Um tipo de filtragem que pode ser realizada é através de frequências, podendo ser selecionadas as respostas de determinado intervalo de frequência. Assertiva **correta**.

80. (Inédita/Renê - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

No levantamento geofísico, as feições rasas, caracterizadas por frequências baixas, geralmente estão associadas às variações na espessura do manto do intemperismo, compactação diferencial e pequenas heterogeneidades superficiais, não sendo relevante nos levantamentos comumente realizados.

Comentários:



No levantamento geofísico, as feições rasas são caracterizadas por frequências altas. As feições associadas à essas frequências são variações na espessura do manto do intemperismo, compactação diferencial e pequenas heterogeneidades superficiais, não sendo relevante nos levantamentos comumente realizados. Assertiva **incorreta**.

81. (Inédita/Renê - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

Uma das etapas do levantamento geofísico é o tratamento dos dados, no qual é realizada a filtragem dos dados, sendo assim, quando se está interessado nas feições geológicas regionais, deve se filtrar as frequências altas, uma vez que essas frequências caracterizam aquelas feições geológicas.

Comentários:

As feições geológicas regionais referem-se às feições profundas de frequências baixas. Assertiva **incorreta**.

82. (Inédita/Renê - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

O filtro passa baixa é aquele que elimina as frequências altas, enquanto o filtro que elimina as frequências baixas é denominado de passa alta.

Comentários:

Esses são os conceitos de filtro passa baixa e de filtro passa alta. Assertiva **correta**.

83. (Inédita/Renê - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

A importância da realização da filtragem no tratamento dos dados é a alta capacidade desse processo distinguir um sinal de um ruído quando razão sinal/ruído é baixa.

Comentários:

Quando a razão sinal/ruído é baixa, a filtragem pode não ser capaz de distinguir um sinal de um ruído de mesma frequência. Nesse caso, a distinção é realizada pela técnica de **empilhamento**, que consiste na combinação de resultados de experimentos repetidos. Assertiva **incorreta**.

84. (Inédita/Renê - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

Uma anomalia refere-se ao desvio significativo do efeito padrão esperado, ou seja, representa uma descontinuidade nas propriedades físicas causadas pelas feições de interesse.

Comentários:

Esse é o conceito de anomalia. Quando os valores anômalos estão acima do valor padrão, a anomalia é positiva, quando os valores se encontram abaixo, a anomalia é negativa. Assertiva **correta**.

85. (Inédita/Renê - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

As medidas relativas da gravidade podem ser realizadas com base nos princípios da balança de mola e da oscilação de pêndulos.

Comentários:

Exatamente. A balança de mola e a oscilação com pêndulos são os dois princípios que podem ser utilizados para as medidas relativas da gravidade. Assertiva **correta**.

86. (Inédita/Renê - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

136

174



Nos levantamentos magnéticos, deve-se dar prioridade para os períodos em que há tempestade magnética, pois, nesses casos, há uma melhor identificação dos corpos geológicos.

Comentários:

Tempestades magnéticas são variações diurnas no campo magnético, que são menos regulares, mas mais significativas e de curta duração. Essas tempestades resultam da atividade solar mais intensa e da chegada de partículas solares carregadas na ionosfera. Os levantamentos magnéticos são largamente influenciados por essas variações. Uma vez que a influência das mudanças rápidas e de altas amplitudes no campo magnético, não pode ser adequadamente corrigida, durante as tempestades magnéticas, os levantamentos magnéticos devem ser interrompidos. Assertiva **incorreta**.

87. (Inédita/Renê - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

Alguns aspectos dos levantamentos magnéticos e gravimétricos são similares, em virtude de utilizarem campos potenciais naturais, o que requer, de ambos os métodos, que seja realizada a redução ao polo para reduzir os efeitos da direção e inclinação dos campos ao longo da superfície terrestre.

Comentários:

Ao contrário da anomalia magnética, a anomalia gravimétrica de uma fonte tem a mesma forma em qualquer latitude, porque o campo gravitacional tem uma única direção, que é a vertical. Por isso, nos levantamentos gravimétricos não se aplica a redução ao polo. Assertiva **incorreta**.

88. (Inédita/Renê - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

Nos levantamentos magnético, está preocupado com as anomalias magnéticas, o que é uma medida relativa entre as diferentes suscetibilidades magnéticas dos materiais, de forma que, a direção de magnetização da fonte de anomalia é irrelevante nesse tipo de levantamento.

Comentários:

O conhecimento a direção de magnetização da fonte de anomalia é necessário para a realização do procedimento de redução ao polo, o qual consiste em transformar os dados originalmente coletados em qualquer latitude para a latitude onde a inclinação do campo é 90° . Esse procedimento é importante para que os efeitos da variação da direção e da inclinação sejam suprimidos dos dados. A variação da direção e inclinação do campo magnético ao longo da superfície terrestre deve ser conhecida, pois é responsável pelos padrões anômalos produzidos pela componente da magnetização induzida e que são diferentes dependendo da latitude. Assertiva **incorreta**.

89. (Inédita/Renê - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

O campo gravimétrico, presente na superfície da terra, apresenta inclinação de 90° , direcionado para o centro da terra, assim como é observado com o campo magnético, visto que ambos são campos potenciais naturais.

Comentários:

O campo magnético apresenta variação na inclinação de acordo com a latitude. O local do campo magnético onde a inclinação é 90° é no polo, ao contrário do campo gravitacional que a inclinação é centre direcionada para o centro da terra. Assertiva **incorreta**.



90. (Inédita/Renê - 2024) As ondas sísmicas são um tipo de onda elástica e sua propagação se dá pelo deslocamento das partículas ao longo da trajetória do raio até o refletor, a partir do qual a onda pode ser refratada ou refletida.

Comentários:

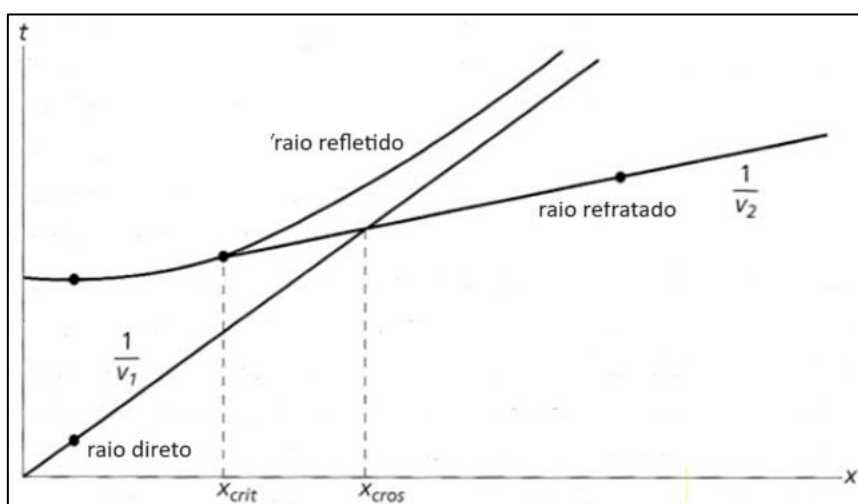
As ondas sísmicas são um tipo de onda elástica e sua propagação se dá pela energia transmitida através dos corpos. As partículas vibram em determinadas trajetórias durante a passagem da onda, contudo, a propagação da onda não se dá com o deslocamento das partículas ao longo da trajetória. Portanto, assertiva **incorreta**.

91. (Inédita/Renê - 2024) Com relação aos métodos sísmicos de refração e reflexão, julgue o item a seguir:

Os raios refletidos nunca são primeiras chegadas, são sempre precedidos por raios diretos, e além da distância crítica, pelos raios refratados.

Comentários:

Observe no gráfico abaixo, os raios refletidos nunca são primeiras chegadas, até a distância igual a x_{crit} entre a fonte e o detector, os raios refletidos são sempre precedidos pelo raio direto. Após a distância x_{cros} , os raios refletidos são também precedidos pelo raio refratado.



Assertiva **correta**.

92. (Inédita/Renê - 2024) Com relação aos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

Os métodos de levantamento geofísico se caracterizam por requererem uma fonte artificial, ou seja, baseiam-se na medição de uma ou mais propriedades físicas dos materiais em subsuperfície após ser induzida sua resposta, como, por exemplo, o método elétrico de potencial espontâneo, que requer a introdução de corrente elétrica no solo através de eletrodos.

Comentários:

Os métodos geofísicos podem se basear em fontes artificiais (geradas com o propósito da realização do método) ou fontes naturais. Métodos que utilizam fonte natural são os métodos potenciais, que incluem o método gravimétrico (baseia-se no campo gravimétrico da Terra), o método magnético (baseia-se no campo



magnético da Terra) e o método elétrico de potencial espontâneo (baseia-se em correntes naturais fluindo no solo). Com base nisso, o método de potencial espontâneo não requer a introdução de corrente elétrica no solo. Por isso a assertiva está **incorreta**.

93. (Inédita/Renê) Com relação aos métodos sísmicos de refração e reflexão, julgue o item a seguir:

Um dos conceitos importantes nos levantamentos sísmicos é o de impedância acústica, que consiste no produto da densidade do meio pela velocidade da onda naquele meio. O contraste de impedância acústica entre os materiais resulta na maior ou menor propagação de energia transmitida ou refletida nas interfaces. Desse conceito resulta que o menor contraste de impedância acústica em uma interface resulta na menor é o coeficiente de transmissão.

Comentários:

Novamente, nessa questão, deve-se analisar parte por parte.

1 - Impedância acústica consiste no produto da densidade do meio pela velocidade da onda naquele meio. **Correto**.

2 - O contraste de impedância acústica entre os materiais resulta na maior ou menor propagação de energia transmitida ou refletida nas interfaces. **Correto**.

3 - O menor contraste de impedância acústica em uma interface resulta no menor coeficiente de transmissão. **Errado**.

O menor contraste de impedância acústica em uma interface resulta na maior propagação de energia transmitida através da interface. Por outro lado, quanto maior o contraste entre os dois materiais, mais energia é refletida.

O coeficiente de transmissão consiste na razão entre a amplitude do raio transmitido e a amplitude do raio incidente.

Na situação em que houver maior propagação de energia transmitida através da interface, a amplitude do raio transmitido será maior, logo o coeficiente de transmissão é maior. Dessa forma, o menor contraste de impedância acústica em uma interface resulta no maior coeficiente de transmissão

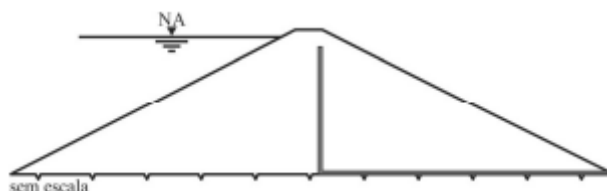
Assertiva **incorreta**



LISTA DE QUESTÕES

CEBRASPE

1. (CEBRASPE/ANM - 2022) A figura a seguir representa um arranjo típico de uma barragem homogênea com filtro, apresentando o nível de água a montante em trabalho teórico.



A respeito de aspectos relativos à investigação geológica e geotécnica e ao monitoramento de barragens, julgue os itens a seguir.

A investigação pelo método geofísico sísmico é realizada utilizando-se características das formações rochosas, como a velocidade de propagação de ondas elásticas pelo material.

2. (CEBRASPE/ANM - 2021) Julgue os itens seguintes, acerca de aspectos referentes aos métodos geofísicos aplicados à investigação geológica-geotécnica e ao monitoramento de barragens.

A natureza não invasiva dos métodos geofísicos, aliada ao baixo custo operacional, à rapidez e à facilidade de aplicação dos ensaios, torna-os uma excelente ferramenta nos estudos hidrogeológicos.

3. (CEBRASPE/CODEVASF - 2021) A geofísica é uma ciência multidisciplinar que auxilia em estudos geológicos, com crescente aplicabilidade em áreas como engenharia civil, meio ambiente e arqueologia. Com relação a assuntos pertinentes à geofísica, julgue os itens seguintes.

A gravimetria é um método direto de investigação do material geológico de subsuperfície.

Comentários:

A gravimetria é um dos métodos utilizados no levantamento geofísico. Vimos que os métodos geofísicos são um tipo de investigação indireta do material de subsuperfície. Por isso a assertiva está **incorreta**.

4. (CEBRASPE/Petrobrás - 2021) Acerca dos métodos de perfilagem de poço e dos métodos potenciais e sísmicos de exploração de petróleo, julgue os itens que se seguem.

Os gravímetros devem ter uma precisão de medida da ordem de 10^{-6} gal.

5. (CEBRASPE/Petrobrás - 2021) Com relação ao método geofísico gravimétrico e magnético, julgue os itens subsequentes.

Entre as diversas correções que são aplicadas às medições gravimétricas realizadas no campo, a correção de Bouguer é realizada para compensar os efeitos de gravidade decorrentes da diferença topográfica entre os pontos de medição e a superfície de referência.



6. (CEBRASPE/Petrobrás - 2021) Com relação ao método geofísico gravimétrico e magnético, julgue os itens subsequentes.

Nos levantamentos magnetométricos, além da correção de Bouguer e de ar livre, por exemplo, é necessário levar em consideração as variações diurnas do campo geomagnético.

7. (CEBRASPE/Petrobrás Geofísica - 2021)

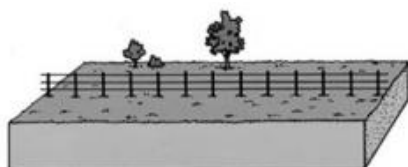


Figura A

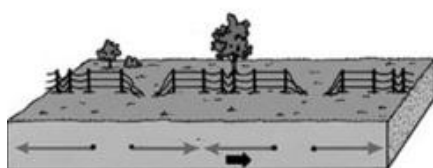


Figura B



Figura C

Internet: <www.kids-fun-science.com>.

Nessas figuras, é ilustrada uma cerca com arame antes (figura A) e depois de sofrer dois tipos de deformações resultantes de ondas sísmicas longitudinais e transversais (figuras B e C). Julgue os próximos itens, relativos a essas figuras.

A deformação da cerca mostrada na figura B é tipicamente de ondas sísmicas do tipo S.

8. (CEBRASPE/Petrobrás - 2021)



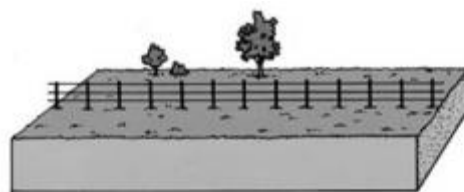


Figura A

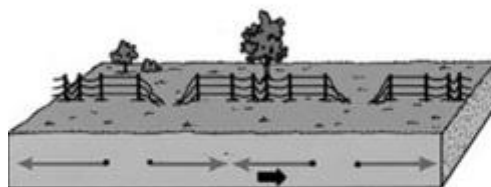


Figura B



Figura C

Internet: <www.kids-fun-science.com>.

Nessas figuras, é ilustrada uma cerca com arame antes (figura A) e depois de sofrer dois tipos de deformações resultantes de ondas sísmicas longitudinais e transversais (figuras B e C). Julgue os próximos itens, relativos a essas figuras.

Se as duas ondas longitudinais e transversais partirem de um mesmo epicentro, a deformação em B ocorrerá antes da deformação em C.

9. (CEBRASPE/CODEVASF - 2021) A geofísica é uma ciência multidisciplinar que auxilia em estudos geológicos, com crescente aplicabilidade em áreas como engenharia civil, meio ambiente e arqueologia. Com relação a assuntos pertinentes à geofísica, julgue os itens seguintes.

Nos métodos sísmicos, as frequências de onda mais altas estão associadas a comprimentos de ondas maiores, o que permite a identificação de camadas geológicas a grandes profundidades.

10. (CEBRASPE/CODEVASF - 2021) A geofísica é uma ciência multidisciplinar que auxilia em estudos geológicos, com crescente aplicabilidade em áreas como engenharia civil, meio ambiente e arqueologia. Com relação a assuntos pertinentes à geofísica, julgue os itens seguintes.

A eletrorresistividade pode ser aplicada na investigação do nível de lençol freático.

11. (CEBRASPE/ANM - 2021) Julgue os itens seguintes, acerca de aspectos referentes aos métodos geofísicos aplicados à investigação geológica-geotécnica e ao monitoramento de barragens.



O radar de penetração do solo (GPR, do inglês *ground penetrating radar*) é um método de investigação eletromagnético que emprega ondas de rádio em frequências muito altas para localizar estruturas e feições geológicas rasas de subsuperfície.

12. (CEBRASPE/ PF - 2018) Com relação a aspectos diversos pertinentes a geofísica aplicada, julgue os próximos itens.

Situação hipotética:

No planejamento de uma pesquisa do local de uma inumação humana em terreno arenoso pelo método GPR, foram adotados os seguintes dados: velocidade da onda eletromagnética igual a 0,15 m/ns; janela temporal de 50 ns; 512 amostras; intervalo de amostragem temporal 0,097 ns.

Assertiva: Nessa situação, a pesquisa possibilitará a investigação de uma profundidade máxima de 7,5 m.

13. (CEBRASPE/FUB - 2015) Acerca dos métodos de prospecção geofísica, julgue os itens subsecutivos.

No método GPR (Ground Penetrating Radar), quanto menor for a frequência, medida em MHz, maior será a capacidade de penetração dos sinais nos solos e nas rochas.

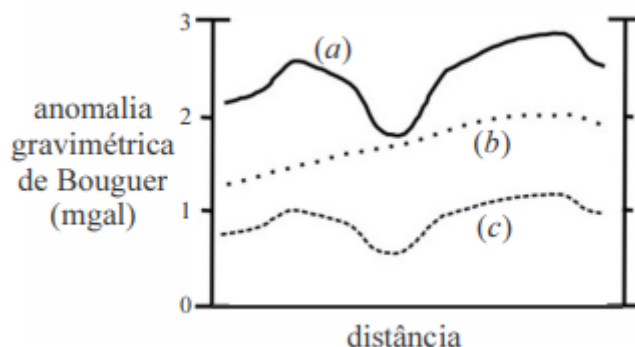
14. (CEBRASPE/FUB - 2015) Acerca dos métodos de prospecção geofísica, julgue os itens subsecutivos.

A sísmica de refração é um dos métodos geofísicos mais utilizados na delimitação de estruturas favoráveis ao armazenamento de hidrocarbonetos.

15. (CEBRASPE/FUB - 2015) Acerca dos métodos de prospecção geofísica, julgue os itens subsecutivos.

A qualidade dos dados geofísicos depende da relação sinal/ruído (S/R) do equipamento; quanto mais próximo de 1 estiver a relação S/R, melhor será a qualidade dos dados

16. (CEBRASPE/ PF - 2013)

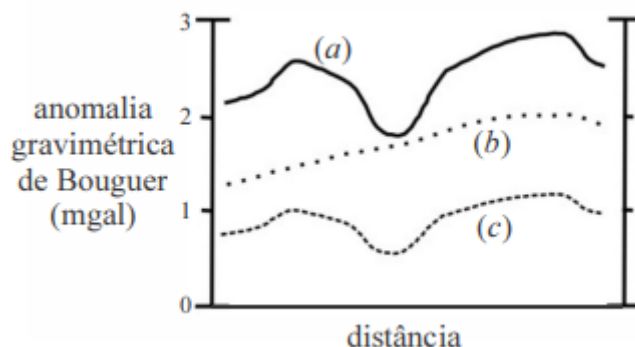


Tendo como referência a figura acima, que representa um perfil gravimétrico, julgue os itens subsequentes.

Acerca da unidade gravimétrica (gu), é correto afirmar que $1 \text{ gu} = 10 \text{ mgal} = 10^{-4} \text{ cm.s}^{-2}$.

17. (CEBRASPE/ PF - 2013)

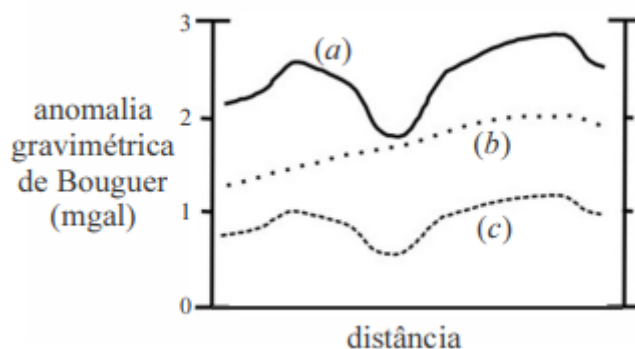




Tendo como referência a figura acima, que representa um perfil gravimétrico, julgue os itens subsequentes.

A principal contribuição relacionada com o uso do campo regional é a possibilidade de se isolar a anomalia residual da região a ser estudada.

18. (CEBRASPE/ PF - 2013)



Tendo como referência a figura acima, que representa um perfil gravimétrico, julgue os itens subsequentes.

Na figura, a anomalia identificada por (a) é frequentemente caracterizada por apresentar vários comprimentos de onda; a identificada por (b) pode ter caráter regional e a ela podem estar sobrepostas a anomalias de menor comprimento de onda, consideradas anomalias residuais, tal como a identificada na figura, por (c).

19. (CEBRASPE/PF - 2013) Com referência a métodos geofísicos, julgue os itens que se seguem.

Nas medidas realizadas com a utilização de métodos geofísicos, o valor residual obtido, ao se retirar o campo magnético terrestre por meio do campo geomagnético de referência internacional, é denominado anomalia magnética.

20. (CEBRASPE/PF - 2013) Com referência a métodos geofísicos, julgue os itens que se seguem.

Os parâmetros físicos obtidos por meio de radar de penetração do solo (GPR) são o tempo de percurso e a amplitude do pulso refletido que tenha sido introduzido no solo.

21. (CEBRASPE/PF - 2013) Julgue os itens a seguir, relacionados a geofísica forense, geofísica de águas subterrâneas, perfilagem geofísica e análise de sinais.



Um objetivo do empilhamento de sinais é aumentar a razão sinal/ruído.

22. (CEBRASPE/PF - 2013) Acerca de estudos geofísicos, julgue os itens subsecutivos.

Nas fontes naturais, tais como as ondas irradiadas por relâmpagos, que se concentram na região equatorial e se propagam a grandes distâncias, predominam frequências acima de 1 Hz. Já nas ondas irradiadas a partir do sistema de correntes elétricas que se desenvolvem na magnetosfera terrestre, subordinada à atividade solar, predominam frequências abaixo de 1 Hz.

23. (CEBRASPE/PF - 2013) Com referência a métodos geofísicos, julgue os itens que se seguem.

A sondagem elétrica vertical é um método não destrutivo adequado não somente para determinar a profundidade do embasamento para fins de fundações como também para fornecer informações sobre o grau de saturação do solo.

24. (CEBRASPE/ PF - 2013) Julgue os itens a seguir, relacionados a geofísica forense, geofísica de águas subterrâneas, perfilagem geofísica e análise de sinais.

Em hidrogeologia, perfis elétricos são úteis para delinear os aquíferos, determinar sua porosidade e estimar a qualidade da água.

25. CEBRASPE/PF - 2013) Julgue os itens a seguir, relacionados a geofísica forense, geofísica de águas subterrâneas, perfilagem geofísica e análise de sinais.

Profundidade de penetração, que empiricamente é definida como profundidade efetiva, é a profundidade máxima em que o condutor pode se situar no solo e ainda produzir uma anomalia eletromagnética reconhecível. Essa grandeza é determinada pela relação $Z_e \approx 100/[\sigma f]^{(1/3)}$, em que σ é condutividade do solo, em $S.m^{-1}$, e f é a frequência do sinal emitido, em Hz, pelo condutor.

26. (CEBRASPE/PF - 2013) Acerca de estudos geofísicos, julgue os itens subsecutivos.

No levantamento aéreo, comumente é usado o decaimento radioativo de raios gama emitidos por meio do sensor de cintilação.

27. (CEBRASPE/ANP - 2012) Os estudos de geofísica nas bacias sedimentares são essenciais para o mapeamento, levantamento geológico e locação de poços. Considerando que cada método geofísico tem a sua finalidade, julgue os itens subsequentes.

O objetivo de um mapa de derivadas de um campo potencial (gravimétrico e magnético) é enfatizar anomalias de pequenos comprimentos de onda.

28. (CEBRASPE/ANP - 2012) Os estudos de geofísica nas bacias sedimentares são essenciais para o mapeamento, levantamento geológico e locação de poços. Considerando que cada método geofísico tem a sua finalidade, julgue os itens subsequentes.

Anomalia Bouguer consiste no valor residual do campo gravimétrico, obtido após a aplicação das correções de latitude e de Bouguer.



29. (CEBRASPE/ANP - 2012) Os estudos de geofísica nas bacias sedimentares são essenciais para o mapeamento, levantamento geológico e locação de poços. Considerando que cada método geofísico tem a sua finalidade, julgue os itens subsequentes.

O valor teórico da gravidade terrestre é calculado a partir do IGF (international gravity formula), independente da latitude.

30. (CEBRASPE/ANP - 2012) Os estudos de geofísica nas bacias sedimentares são essenciais para o mapeamento, levantamento geológico e locação de poços. Considerando que cada método geofísico tem a sua finalidade, julgue os itens.

A intensidade do campo geomagnético na superfície da Terra é da ordem de 70.000 nT próximo aos polos e cerca da metade desse valor próximo ao equador e na região chamada de Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS), que está atualmente localizada em grande parte no Brasil, onde o campo é ainda mais fraco.

31. (CEBRASPE/ANP - 2012) Os estudos de geofísica nas bacias sedimentares são essenciais para o mapeamento, levantamento geológico e locação de poços. Considerando que cada método geofísico tem a sua finalidade, julgue os itens.

O mapa geomagnético reduzido ao polo é importante nos trabalhos de prospecção geológica, uma vez que corrige os dados, eliminando a influência da inclinação magnética.

32. (CEBRASPE/ANP - 2012) Os estudos de geofísica nas bacias sedimentares são essenciais para o mapeamento, levantamento geológico e locação de poços. Considerando que cada método geofísico tem a sua finalidade, julgue os itens subsequentes.

O mapa de deconvolução de Euler, oriundo de dados de magnetometria, é importante, pois pode indicar anomalias magnéticas em diferentes profundidades.

33. (CEBRASPE/ANP - 2012) Os estudos de geofísica nas bacias sedimentares são essenciais para o mapeamento, levantamento geológico e locação de poços. Considerando que cada método geofísico tem a sua finalidade, julgue os itens subsequentes.

A inversão de dados geofísicos é um trabalho específico da sísmica, pois visa o conhecimento da velocidade do meio físico.

34. (CEBRASPE/ANP - 2012) Os estudos de geofísica nas bacias sedimentares são essenciais para o mapeamento, levantamento geológico e locação de poços. Considerando que cada método geofísico tem a sua finalidade, julgue os itens.

Com relação ao gráfico de tempo de primeiras chegadas da onda refratada, é correto afirmar que há uma distância mínima da fonte em que a onda começa a ser registrada na superfície. Há também uma distância a partir da qual a onda chega antes da onda direta. Nesta, os tempos das ondas direta e refratada são iguais.



35. (CEBRASPE/ANP - 2012) Os estudos de geofísica nas bacias sedimentares são essenciais para o mapeamento, levantamento geológico e locação de poços. Considerando que cada método geofísico tem a sua finalidade, julgue os itens subsequentes.

O objetivo da maioria dos trabalhos em sísmica de reflexão é determinar a localização e a atitude dos refletores a partir do tempo de trânsito das primeiras reflexões, para inferir a estrutura geológica e a estratigrafia. As mudanças na estratigrafia ou a presença de hidrocarboneto podem ser identificadas por meio das análises da forma da onda refletida.

36. (CEBRASPE/ANP - 2012) Os estudos de geofísica nas bacias sedimentares são essenciais para o mapeamento, levantamento geológico e locação de poços. Considerando que cada método geofísico tem a sua finalidade, julgue os itens.

O tempo de trânsito da onda refletida com velocidade de 2.000 m/s em uma interface a 500 m de profundidade e um meio rochoso é igual a 0,8 segundos.

37. (CEBRASPE/ANP - 2012) Os estudos de geofísica nas bacias sedimentares são essenciais para o mapeamento, levantamento geológico e locação de poços. Considerando que cada método geofísico tem a sua finalidade, julgue os itens subsequentes.

A sísmica de refração e os métodos potenciais são úteis na identificação de feições geológicas que estão em grandes profundidades e são utilizados na indústria do petróleo, para a definição da qualidade dos reservatórios.

38. (CEBRASPE/Petrobras - 2004) Acerca dos métodos geofísicos e das técnicas de prospecção geofísica, julgue os seguintes itens.

A sísmica por reflexão é o método geofísico mais utilizado na prospecção de petróleo, pois fornece alta definição das feições geológicas em subsuperfície propícias à acumulação de petróleo.

Comentários:

A assertiva está **correta**. A sísmica de reflexão fornece alta resolução dos refletores, e, por isso, é utilizada na prospecção de estruturas que servem como armadilhas para a concentração de petróleo.

39. (CEBRASPE/Petrobras - 2004) Acerca dos métodos geofísicos e das técnicas de prospecção geofísica, julgue os seguintes itens.

As anomalias gravimétricas resultam de variações na densidade dos diferentes materiais que constituem o interior da Terra.

40. (CEBRASPE/Petrobras - 2004) Acerca dos métodos geofísicos e das técnicas de prospecção geofísica, julgue os seguintes itens.

Para a prospecção geofísica, entre as propriedades físicas dos depósitos minerais e dos diversos tipos de rochas, destacam-se: a elasticidade, a resistência elétrica, a condutividade térmica, a susceptibilidade magnética, a radioatividade e a densidade.

41. (CEBRASPE/Petrobras - 2004) Acerca dos métodos geofísicos e das técnicas de prospecção geofísica, julgue os seguintes itens.

147

174



A prospecção magnética tem como objetivo medir as grandes variações na intensidade do campo magnético terrestre, resultantes da distribuição irregular das rochas magnetizadas em subsuperfície.

42. (CEBRASPE/Prefeitura de Boa Vista - 2004) O conhecimento da estratigrafia de subsuperfície é adquirido a partir da abertura de poços, de sondagens e de levantamentos geofísicos. Os métodos geofísicos mais aplicados que fornecem informações sobre a constituição do subsolo, na ausência de poços, são: sísmica de reflexão e de refração, magnetometria e gravimetria. Nesse sentido, julgue os itens a seguir, referentes aos métodos geofísicos e de perfilagem.

Com referência a métodos geofísicos, julgue os itens que se seguem.

Em uma onda sísmica, há transmissão não apenas de vibrações das partículas do meio, mas também de deformação do meio.

43. (CEBRASPE/Prefeitura de Boa Vista - 2004) O conhecimento da estratigrafia de subsuperfície é adquirido a partir da abertura de poços, de sondagens e de levantamentos geofísicos. Os métodos geofísicos mais aplicados que fornecem informações sobre a constituição do subsolo, na ausência de poços, são: sísmica de reflexão e de refração, magnetometria e gravimetria. Nesse sentido, julgue os itens a seguir, referentes aos métodos geofísicos e de perfilagem.

Com referência a métodos geofísicos, julgue os itens que se seguem.

A velocidade de propagação das ondas que correspondem a deformações dilatação/compressão é maior que a das ondas que correspondem a deformações tangenciais.

44. (CEBRASPE/Prefeitura de Boa Vista - 2004) O conhecimento da estratigrafia de subsuperfície é adquirido a partir da abertura de poços, de sondagens e de levantamentos geofísicos. Os métodos geofísicos mais aplicados que fornecem informações sobre a constituição do subsolo, na ausência de poços, são: sísmica de reflexão e de refração, magnetometria e gravimetria. Nesse sentido, julgue os itens a seguir, referentes aos métodos geofísicos e de perfilagem.

Com referência a métodos geofísicos, julgue os itens que se seguem.

O método de sísmica de reflexão mostra, por meio de sismogramas, a situação litoestratigráfica real em uma bacia sedimentar.

45. (CEBRASPE/FUB - 2004) Acerca dos métodos de prospecção geofísica, julgue os itens subsecutivos.

O método sísmico de prospecção geológica utiliza ondas eletromagnéticas, conhecidas como ondas longitudinais ou primárias (P) e ondas transversais ou secundárias (S); ambos os tipos se propagam perpendicularmente entre si com igual velocidade de propagação.

46. (CEBRASPE/FUB - 2004) Acerca dos métodos de prospecção geofísica, julgue os itens subsecutivos.

Na prospecção de depósitos de urânio, a gamaespectrometria é o método geofísico mais indicado.

DEMAIS BANCAS

47. (IBFC/SEAD - 2022) Analise as afirmativas abaixo:

148

174



- I. O magma localiza-se na camada da Terra denominada manto.
- II. A velocidade das ondas sísmicas depende de alguns fatores. Dentre esses fatores, não está inserida a densidade das rochas transpassantes.
- III. Geofísica é o estudo da estrutura, da composição, das propriedades físicas e dos processos dinâmicos da Terra através de métodos diretos e empíricos.
- IV. Segundo a Geofísica, os silicatos são a classe de minerais mais abundante da crosta terrestre. Os silicatos possuem densidade específica baixa, o que facilita sua disposição terrestre.

Estão corretas as afirmativas:

- a) I e IV apenas
- b) II e III apenas
- c) I, II e IV apenas
- d) II e IV apenas
- e) III e IV apenas

48. (IBADE/Prefeitura Municipal de Itapemirim - 2019) Para o estudo da gravidade diz-se que a gravidade é a soma vetorial da aceleração gravitacional e da aceleração:

- A) central.
- B) inercial.
- C) centrífuga.
- D) potencial.
- E) instantânea.

49. (IDCAP/CONSEG - 2019) Em relação aos termos geofísicos, assinale a alternativa correta, que corresponde a definição descrita abaixo.

“Linha que liga os pontos de mesma declinação magnética.”

- a) Isotópico.
- b) Isogama.
- c) Isógona.
- d) Isócrona.
- e) Isogeoterma.

50. (IBADE/Prefeitura Municipal de Itapemirim - 2019) Os polos magnéticos da terra migram ao redor do polo geográfico, por ano, cerca de:

- (A) 1,2°.
- (B) 0,8°.



- (C) 0,5°.
- (D) 0,2°.
- (E) 0,06°.

51. (FGV/SEAD-AP - 2019) Na geofísica aplicada os métodos elétricos são considerados os mais versáteis, sendo extensamente aplicados em prospecção mineral, prospecção de águas subterrâneas, estudos de geologia de engenharia e estudos ambientais.

Em relação aos métodos elétricos, assinale a afirmativa correta.

- (A) Envolvem a propagação de campos eletromagnéticos de baixa frequência e baseiam-se nos fenômenos físicos de eletricidade e magnetismo.
- (B) Investigação geofísica baseado nas medições e interpretações do campo gravitacional terrestre resultantes das diferenças de densidade entre as diversas rochas localizadas na superfície e subsuperfície terrestre.
- (C) Compreendem o método da resistividade, o método da Polarização Induzida (IP), o método do Potencial Espontâneo (SP) e os métodos Eletromagnéticos.
- (D) As principais fontes de radiação gama detectadas na superfície terrestre provêm da desintegração natural do potássio (40K) e dos elementos da série do urânio (238U) e do tório (232Th).
- (E) Propagação de ondas sísmicas (vibrações) através das rochas.

52. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura Municipal de Rio Largo - 2019 - Adaptada) julgue o item a seguir

Mesmo sendo o interior da Terra inacessível à observação direta (devido às limitações tecnológicas de enfrentar as altas pressões e temperaturas), a partir do estudo das ondas sísmicas, é possível se ter uma ideia de sua estrutura interna e composição.

53. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Claro - 2019 - Adaptada) julgue o item a seguir

A propagação das ondas sísmicas depende das características físico-químicas dos corpos atravessados.

54. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Claro - 2019 - Adaptada)

Quando uma onda sísmica se propaga de um material para outro, de densidade e elasticidade diferentes, sua velocidade e direção de propagação se mantêm.

55. (Instituto ADM&TEC/Prefeitura de Rio Claro - 2019 - Adaptada)

As ondas sísmicas são vibrações que se propagam através dos corpos por meio de partículas.

56. (IDCAP/CONSEG - 2019) A maioria dos estudos geofísicos envolve medidas de propriedades físicas na região de interesse, isto é, no campo. Em relação aos métodos sísmicos, assinale a alternativa incorreta:

- (A) A deformação cisalhante produzida pela onda S (transversal) é inversamente proporcional ao parâmetro μ ou módulo de cisalhamento.
- (B) As ondas sísmicas são detectadas por instrumentos capazes de perceber os movimentos do solo por ocasião de sua passagem. Esses instrumentos são chamados geofones, ou hidrofones quando são usados nos oceanos ou lagos.



- (C) Dependendo dos objetivos da pesquisa, pode-se optar por analisar as ondas refletidas (método sísmico de reflexão) ou as ondas refratadas (método sísmico de refração).
- (D) Próximo às fontes sísmicas, sejam elas naturais ou artificiais, onde a energia é mais intensa, a rocha pode sofrer deformação permanente.
- (E) As velocidades das ondas sísmicas dependem da densidade das rochas pelas quais as ondas circulam e de suas propriedades elástica

57. (EXATUS/Prefeitura Municipal de Caxias do Sul - 2018 - Modificada) Julgue se as afirmações abaixo são verdadeiras e em seguida assinale a alternativa correta

Há diferentes tipos de ondas sísmicas utilizadas para o estudo do planeta. As ondas S, ondas de corpo secundárias, são ondas compressivas (comprimem e dilatam progressivamente o corpo ao se propagarem) e são ondas longitudinais, ou seja, as vibrações são paralelas à direção de propagação como as ondas sonoras. Além disso, propagam-se tanto em sólidos quanto em líquidos.

58. (CESGRANRIO/Petrobras - 2018) Um dos métodos indiretos de investigação de bacias sedimentares mais utilizados nas etapas de exploração de hidrocarbonetos é o método sísmico de reflexão. Nesse método, os refletores identificados em uma linha sísmica representam horizontes definidos por contrastes de impedâncias acústicas no pacote rochoso.

Tendo como base essas premissas, o conceito de impedância acústica pode ser expresso como o(a)

- (A) produto entre velocidade e a densidade da rocha
- (B) produto entre porosidade e a densidade da rocha
- (C) composição mineralógica da rocha
- (D) razão entre o coeficiente de reflexão e a pressão litostática
- (E) razão entre pressão e saturação de fluidos

59. (IDAM/SEPROR - 2018) Sobre a radiação eletromagnética (EM) e suas leis, analise as afirmativas abaixo.

I. A radiação EM do espaço é incapaz de atingir a superfície da Terra, exceto em muito poucos comprimentos de onda, tais como o espectro visível e as frequências de rádio.

II. De acordo com a Lei de Stefan – Boltzmann, a energia emitida aumenta na quarta potência da temperatura.

III. De acordo com a Lei de Wein, o comprimento de onda aumenta com aumento da temperatura.

IV. De acordo com a Lei de Planck, o espectro da radiação eletromagnético emitido na temperatura T, depende do comprimento de onda.

Estão corretas as afirmativas:

- (A) I e IV apenas
- (B) I e III apenas
- (C) II e III apenas
- (D) II e IV apenas



60. (FCC/SEMA - 2016) Sobre o Radar de Penetração do Solo – GPR, é correto afirmar:

- (A) Camadas com condutividade elétrica extremamente baixa, resultam em forte atenuação do sinal GPR.
- (B) Quanto menor a frequência do sinal transmitido ao meio geológico, menor a profundidade de penetração.
- (C) Quanto maior a frequência do sinal transmitido ao meio geológico, resulta em menor resolução do sinal recebido.
- (D) Camadas geológicas com resistividade elétrica elevada, resultam em forte atenuação do sinal do GPR.
- (E) Quanto maior a frequência do sinal transmitido ao meio geológico, menor a profundidade de penetração.

61. (FCC/SEMA - 2016) Durante as medidas de campo pelo método da eletrorresistividade, por meio de dois eletrodos cravados na superfície do terreno, envia-se corrente elétrica (ampères – A) ao subsolo. Em outros dois eletrodos, denominados de eletrodos de potencial, uma tensão (volts – V) é medida. Conhecendo as distâncias entre os eletrodos, a resistividade elétrica aparente (ohm. m) é calculada. É correto afirmar:

- (A) Quanto menor a corrente elétrica injetada, menor a interferência do campo geomagnético nas leituras.
- (B) Quanto maior a corrente elétrica injetada no subsolo, maiores profundidades de investigação são alcançadas.
- (C) Quanto mais se abre a distância entre os eletrodos de corrente, maiores profundidades de investigação são alcançadas.
- (D) Para uma mesma abertura de eletrodos, ao se dobrar o valor da corrente elétrica, o potencial lido é multiplicado por um fator de quatro.
- (E) Para uma mesma abertura de eletrodos, ao se dobrar o valor da corrente elétrica, o potencial lido é dividido por um fator de dois.

62. (IESES/POTIGÁS - 2012) Na aplicação de métodos geofísicos usam-se medidas das propriedades físicas da Terra para estudá-la. Os mais utilizados na indústria do petróleo são:

I. Gravimetria e Magnetometria

II. Altimetria e Resonância

III. Composições das rochas

IV. Estratigráficos

Está correto afirmar que:

- a) Apenas a alternativa II está correta.
- b) Apenas a alternativa I está correta.
- c) As alternativas I, II, III e IV estão corretas.
- d) Apenas as alternativas I, II e III estão corretas.



63. (CESGRANRIO/Petrobrás - 2011) Considerando-se uma onda sísmica P incidindo obliquamente à interface entre camadas sedimentares com diferentes velocidades de propagação, a onda

- (A) refratada não sofrerá mudança na sua direção de propagação.
- (B) refratada se distanciará da normal à interface entre as camadas, se a velocidade de propagação aumentar da camada superior para a camada inferior.
- (C) refratada se aproximará da normal à interface entre as camadas, se a velocidade de propagação aumentar da camada superior para a camada inferior.
- (D) refletida se propagará com um ângulo de reflexão maior do que o ângulo de incidência.
- (E) refletida se propagará com um ângulo de reflexão menor do que o ângulo de incidência

64. (CESGRANRIO/Petrobras - 2010) Tendo em vista os princípios de propagação de ondas, considere as afirmativas abaixo.

I – O Princípio de Huygens estabelece que cada ponto em uma frente de onda funciona como uma fonte de ondas secundárias (elementares), que compõe a frente de onda em uma nova posição ao longo da propagação.

II – A difração é um fenômeno que ocorre com as ondas quando elas passam por um orifício ou contornam um objeto cuja dimensão é da mesma ordem de grandeza que o seu comprimento de onda.

III – O Princípio de Fermat estabelece que a luz se propaga entre dois pontos sem obstáculos no menor tempo possível. No caso da sísmica, como consequência deste princípio, o caminho percorrido por uma onda em um meio heterogêneo é uma linha reta.

IV – O Princípio da Superposição estabelece que a combinação linear de diferentes entradas de um sistema linear e invariante no tempo é igual a esta combinação aplicada às saídas geradas por cada entrada original separadamente. Desta forma, o efeito de um conjunto de ondas sísmicas em meios elásticos pode ser analisado pela soma dos seus efeitos individuais.

V – O Princípio da Reciprocidade diz que a permuta das posições ocupadas pela fonte e pelo receptor não altera a trajetória do raio. Tal princípio é válido somente em meios homogêneos.

São corretas as afirmativas

- (A) III e V, apenas.
- (B) I, II e IV, apenas.
- (C) II, III e IV, apenas.
- (D) I, II, III e IV, apenas.
- (E) I, II, III, IV e V.

65. (CESGRANRIO/Petrobras - 2010) A respeito dos métodos de gravimetria e magnetometria, conhecidos como métodos potenciais, analise as afirmativas abaixo.

I - As medidas de gravidade, obtidas pelos gravímetros, variam com a latitude e variações de densidade das rochas em subsuperfície.



II - Tanto a gravimetria como a magnetometria são úteis para o reconhecimento e mapeamento de grandes estruturas geológicas que não aparecem na superfície da Terra.

III - A magnetometria só pode ser utilizada em terra, pois, nos oceanos, a presença da lâmina d'água impede a determinação das variações magnetométricas em subsuperfície.

IV - Em geral, as rochas básicas apresentam altos valores de susceptibilidade magnética, enquanto que os valores de susceptibilidade magnética das rochas sedimentares são baixos.

V - A prospecção gravimétrica pode ser realizada nos continentes e nos oceanos e, até mesmo, a partir de gravímetros aerotransportados.

São corretas APENAS as afirmativas

(A) I e III.

(B) II e IV.

(C) I, III e IV.

(D) II, III e V.

(E) I, II, IV e V

66. (CESGRANRIO/Petrobras - 2010) As substâncias, ou materiais terrestres, não apresentam o mesmo comportamento magnético quando submetidas à ação de um campo magnético. Dependendo das características do campo magnético (BM) adquirido pela substância, quando na presença do campo magnético externo B_0 , as substâncias são consideradas

(A) ferromagnéticas, com susceptibilidade magnética muito elevada e negativa.

(B) ferromagnéticas, com susceptibilidade magnética muito elevada e positiva.

(C) paramagnéticas, com susceptibilidade magnética muito elevada e positiva.

(D) diamagnéticas, com baixo valor de susceptibilidade magnética e positiva.

(E) diamagnéticas, com elevado valor de susceptibilidade magnética e positiva.

67. (CESGRANRIO/Petrobras - 2010) Sabendo-se que as ondas sísmicas têm diferentes formas de propagação,

I - onda compressional é a onda sísmica na qual as partículas vibram na direção de sua propagação, sendo normalmente um pouco mais lentas que as ondas Love e propagando-se tanto em meios sólidos quanto em meios líquidos.

II - onda cisalhante é a onda sísmica caracterizada pela vibração na direção perpendicular à de propagação, só se propagando em meios sólidos.

III - onda Love é a onda superficial na qual as partículas do meio executam um movimento elíptico e retrógrado no plano vertical que contém a direção de propagação.

IV - onda Rayleigh é a onda superficial dispersiva, caracterizada pelo deslocamento horizontal e perpendicular à direção de propagação, que requer a existência de uma camada superficial de baixa

154

174



velocidade recobrando um meio de velocidade mais alta. Sua velocidade de propagação diminui com a frequência.

Está correto APENAS o que se afirma em

- (A) I.
- (B) II.
- (C) I e II.
- (D) III e IV.
- (E) II, III e IV

68. (CESGRANRIO/Petrobras - 2010) Para um raio de onda P incidindo no ângulo crítico, de cima para baixo, em uma interface em que a velocidade de propagação na camada inferior é maior do que na camada superior, o raio criticamente refratado terá uma velocidade de propagação

- (A) igual à da onda incidente
- (B) maior do que a da onda incidente
- (C) menor do que a da onda incidente
- (D) menor do que a da onda incidente em rochas maciças
- (E) menor do que a da onda incidente em rochas muito porosas

69. (CESGRANRIO/Petrobras - 2010) O método sísmico se baseia na propagação, pelo interior da Terra, de ondas elásticas, a partir de fontes naturais ou artificiais. Sobre o método sísmico, analise as afirmativas abaixo.

I - As ondas elásticas, ao se propagarem em subsuperfície, são refletidas e refratadas nas interfaces entre as camadas geológicas.

II - Na sísmica de reflexão, as ondas elásticas refletidas a partir das interfaces entre camadas geológicas são registradas em superfície.

III - A imagem sísmica é composta pela disposição lado a lado dos traços sísmicos, que registram os valores de amplitude do sinal recebido.

IV - Nos levantamentos sísmicos terrestres, o sinal sísmico emitido pelos sismógrafos, a partir da fonte sísmica, é captado pelo geofone.

V - Na sísmica marinha, os receptores do sinal sísmico são denominados hidrofones.

São corretas APENAS as afirmativas

- (A) I e II.
- (B) III e IV.
- (C) I, II e IV.
- (D) III, IV e V.
- (E) I, II, III e V.



70. (Instituto Movens/DNPM - 2010) Geofísica é a ciência que aplica os princípios físicos ao estudo da Terra. Existe uma ampla gama de métodos de levantamentos geofísicos e, para cada um, há uma propriedade física operativa à qual o método é sensível. A respeito da geofísica, julgue os itens abaixo como Verdadeiros (V) ou Falsos (F) e, em seguida, assinale a opção correta.

I – A sísmica mede tempos de percurso de ondas sonoras refletidas e refratadas, e sua propriedade física operativa é a densidade e módulos elásticos, os quais determinam a velocidade de propagação de ondas sísmicas.

II – A gravimetria mede variações espaciais da força do campo gravitacional da Terra e tem como propriedade física operativa a densidade.

III – A magnetometria mede variações da força do campo geomagnético e possui como propriedades físicas operativas a suscetibilidade magnética e a remanescência.

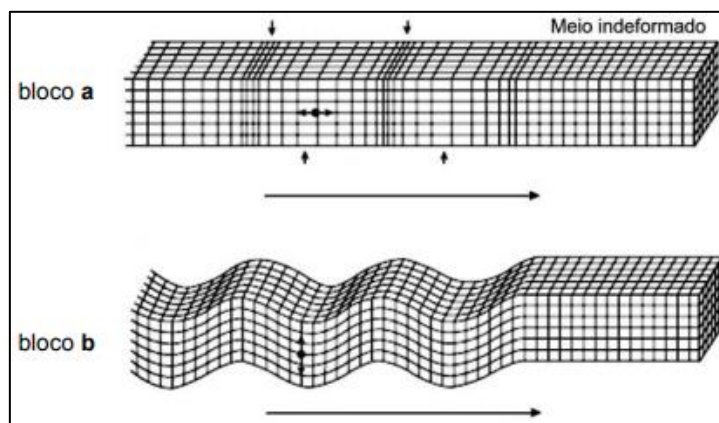
A sequência correta é:

- (A) V, F, V.
- (B) V, V, F.
- (C) F, V, V.
- (D) F, F, V.
- (E) V, V, V.

71. (CESGRANRIO/ Petrobras - 2010) Seja V_p igual à velocidade da onda P e V_s igual à velocidade da onda S em rochas sedimentares. Em uma camada de rocha reservatório siliciclástica, à medida que a porosidade aumenta, qual das seguintes situações ocorre?

- (A) V_p decresce; V_s decresce; Razão V_p/V_s fica estável
- (B) V_p decresce; V_s aumenta; Razão V_p/V_s decresce
- (C) V_p decresce; V_s decresce; Razão V_p/V_s aumenta
- (D) V_p aumenta; V_s aumenta; Razão V_p/V_s fica estável
- (E) V_p aumenta; V_s decresce; Razão V_p/V_s aumenta

72. (Cesgranrio/EPE - 2010)



KEAREY, P.; BROOKS, M. & Hill, I. 2002. An Introduction to Geophysical Exploration. 3a Edição. Blackwell Science.

Com base na representação e na análise dos blocos diagramas acima, no que se relaciona à propagação de ondas sísmicas através de um sólido, conclui-se que

- (A) o bloco a representa ondas do tipo P, de caráter compressional e dilatacional.
- (B) o bloco a representa ondas do tipo S, de caráter compressional e dilatacional.
- (C) o bloco a representa ondas do tipo S, que se propagam perpendicularmente à direção de migração da onda.
- (D) o bloco b representa ondas do tipo S, de caráter compressional e dilatacional.
- (E) os blocos a e b representam ondas do tipo P, de caráter compressional dilatacional, propagando-se em meios reologicamente distintos.

73. (CESGRANRIO/Petrobras - 2010) Sobre as características da propagação de ondas em diferentes meios, considere as afirmativas abaixo.

- I – Em um meio dispersivo, a velocidade de grupo pode ser maior ou menor que a velocidade de fase.**
- II – Em um meio não dispersivo, a velocidade de fase é sempre maior que a velocidade de grupo.**
- III – A frequência, a velocidade e o comprimento de onda variam quando há mudança de meio.**
- IV – Uma onda contendo diferentes frequências propaga-se sem perder sua forma em um meio não dispersivo.**

Está correto APENAS o que se afirma em

- (A) III.
- (B) I e II.
- (C) I e IV.
- (D) III e IV.
- (E) II, III e IV

74. (UFMG/UFMG - 2008) Os principais métodos de pesquisa mineral que utilizam a geofísica são: sísmica, magnetometria, gravimetria, eletroresistividade, polarização induzida, eletromagnetometria e gamaespectrometria. Alguns desses métodos podem ser realizados por aerogeofísica outros por geofísica terrestre.

Assinale a alternativa que apresenta somente métodos que podem ser realizados por aerogeofísica.

- A) Gamaespectrometria e eletromagnetometria.
- B) Gravimetria e magnetometria.
- C) Eletroresistividade e eletromagnetometria.
- D) Polarização Induzida e Magnetometria.

75. (CESGRANRIO/ANP - 2008) Quais são as unidades normalmente utilizadas para a intensidade dos campos magnéticos?

157

174



- (A) Bouguer ou oersted
- (B) Curie ou gama
- (C) Oersted ou bouguer
- (D) Gama ou gal
- (E) Gama ou oersted

QUESTÕES INÉDITAS

76. (Inédita/Renê - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

A aplicação dos métodos geofísicos tem como uma das vantagens a possibilidade de serem feitas observações sobre os materiais em subsuperfície, através de medidas realizadas, geralmente, na superfície, e, por isso, prescinde dos métodos de observação direta.

77. (Inédita/Renê - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

Os levantamentos aerotransportados apesar de serem caracterizados pelo baixo custo e maior rapidez na obtenção dos resultados, apresenta limitação quanto ao tipo de método, não sendo aplicados os métodos sísmicos e elétricos, por exemplo.

78. (Inédita/Renê - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

O processo de discretização, que consiste na conversão das intensidades da informação contínua em números, é importante para o tratamento dos dados, uma vez que torna esses dados mais apropriados para a interpretação.

79. (Inédita/Renê - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

As operações de correção, filtragem e empilhamento são realizadas para eliminar ou reduzir os efeitos dos ruídos nos dados, fazendo modificações seletivas.

80. (Inédita/Renê - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

No levantamento geofísico, as feições rasas, caracterizadas por frequências baixas, geralmente estão associadas às variações na espessura do manto do intemperismo, compactação diferencial e pequenas heterogeneidades superficiais, não sendo relevante nos levantamentos comumente realizados.

81. (Inédita/Renê - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

Uma das etapas do levantamento geofísico é o tratamento dos dados, no qual é realizada a filtragem dos dados, sendo assim, quando se está interessado nas feições geológicas regionais, deve se filtrar as frequências altas, uma vez que essas frequências caracterizam aquelas feições geológicas.

82. (Inédita/Renê - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

O filtro passa baixa é aquele que elimina as frequências altas, enquanto o filtro que elimina as frequências baixas é denominado de passa alta.

83. (Inédita/Renê - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:



A importância da realização da filtragem no tratamento dos dados é a alta capacidade desse processo distinguir um sinal de um ruído quando razão sinal/ruído é baixa.

84. (Inédita/Renê - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

Uma anomalia refere-se ao desvio significativo do efeito padrão esperado, ou seja, representa uma descontinuidade nas propriedades físicas causadas pelas feições de interesse.

85. (Inédita/Renê - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

As medidas relativas da gravidade podem ser realizadas com base nos princípios da balança de mola e da oscilação de pêndulos.

86. (Inédita/Renê - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

Nos levantamentos magnéticos, deve-se dar prioridade para os períodos em que há tempestade magnética, pois, nesses casos, há uma melhor identificação dos corpos geológicos.

87. (Inédita/Renê - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

Alguns aspectos dos levantamentos magnéticos e gravimétricos são similares, em virtude de utilizarem campos potenciais naturais, o que requer, de ambos os métodos, que seja realizada a redução ao polo para reduzir os efeitos da direção e inclinação dos campos ao longo da superfície terrestre.

88. (Inédita/Renê - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

Nos levantamentos magnético, está preocupado com as anomalias magnéticas, o que é uma medida relativa entre as diferentes suscetibilidades magnéticas dos materiais, de forma que, a direção de magnetização da fonte de anomalia é irrelevante nesse tipo de levantamento.

89. (Inédita/Renê - 2024) Acerca dos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

O campo gravimétrico, presente na superfície da terra, apresenta inclinação de 90° , direcionado para o centro da terra, assim como é observado com o campo magnético, visto que ambos são campos potenciais naturais.

90. (Inédita/Renê - 2024) As ondas sísmicas são um tipo de onda elástica e sua propagação se dá pelo deslocamento das partículas ao longo da trajetória do raio até o refletor, a partir do qual a onda pode ser refratada ou refletida.

91. (Inédita/Renê - 2024) Com relação aos métodos sísmicos de refração e reflexão, julgue o item a seguir:

Os raios refletidos nunca são primeiras chegadas, são sempre precedidos por raios diretos, e além da distância crítica, pelos raios refratados.

92. (Inédita/Renê - 2024) Com relação aos métodos geofísicos, julgue o item a seguir:

Os métodos de levantamento geofísico se caracterizam por requererem uma fonte artificial, ou seja, baseiam-se na medição de uma ou mais propriedades físicas dos materiais em subsuperfície após ser induzida sua resposta, como, por exemplo, o método elétrico de potencial espontâneo, que requer a introdução de corrente elétrica no solo através de eletrodos.

93. (Inédita/Renê) Com relação aos métodos sísmicos de refração e reflexão, julgue o item a seguir:



Um dos conceitos importantes nos levantamentos sísmicos é o de impedância acústica, que consiste no produto da densidade do meio pela velocidade da onda naquele meio. O contraste de impedância acústica entre os materiais resulta na maior ou menor propagação de energia transmitida ou refletida nas interfaces. Desse conceito resulta que o menor contraste de impedância acústica em uma interface resulta na menor é o coeficiente de transmissão.



GABARITO

GABARITO



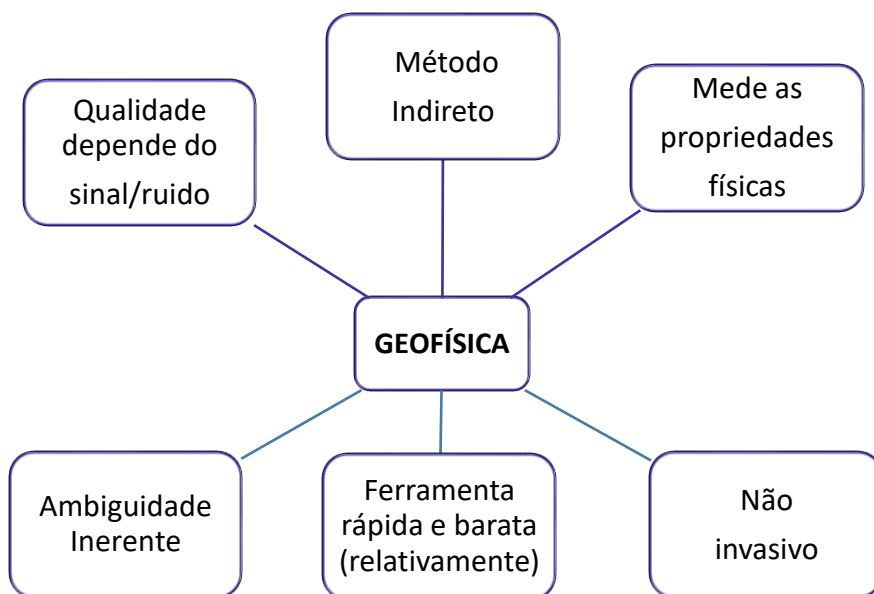
- | | | |
|---------------|---------------|---------------|
| 1. CORRETA | 32. CORRETA | 63. LETRA B |
| 2. CORRETA | 33. INCORRETA | 64. LETRA B |
| 3. INCORRETA | 34. CORRETA | 65. LETRA E |
| 4. CORRETA | 35. CORRETA | 66. LETRA B |
| 5. INCORRETA | 36. INCORRETA | 67. LETRA B |
| 6. INCORRETA | 37. INCORRETA | 68. LETRA B |
| 7. INCORRETA | 38. CORRETA | 69. LETRA E |
| 8. CORRETA | 39. CORRETA | 70. LETRA E |
| 9. INCORRETA | 40. CORRETA | 71. LETRA C |
| 10. CORRETA | 41. INCORRETA | 72. LETRA A |
| 11. CORRETA | 42. CORRETA | 73. LETRA C |
| 12. INCORRETA | 43. CORRETA | 74. LETRA A |
| 13. CORRETA | 44. INCORRETA | 75. LETRA B |
| 14. INCORRETA | 45. INCORRETA | 76. INCORRETA |
| 15. INCORRETA | 46. CORRETA | 77. CORRETA |
| 16. INCORRETA | 47. LETRA A | 78. INCORRETA |
| 17. INCORRETA | 48. LETRA C | 79. CORRETA |
| 18. CORRETA | 49. LETRA C | 80. INCORRETA |
| 19. INCORRETA | 50. LETRA D | 81. INCORRETA |
| 20. CORRETA | 51. LETRA C | 82. CORRETA |
| 21. CORRETA | 52. CORRETA | 83. INCORRETA |
| 22. CORRETA | 53. CORRETA | 84. CORRETA |
| 23. CORRETA | 54. INCORRETA | 85. CORRETA |
| 24. CORRETA | 55. INCORRETA | 86. INCORRETA |
| 25. INCORRETA | 56. LETRA A | 87. INCORRETA |
| 26. ANULADA | 57. INCORRETA | 88. INCORRETA |
| 27. CORRETA | 58. LETRA A | 89. INCORRETA |
| 28. INCORRETA | 59. LETRA D | 90. INCORRETA |
| 29. INCORRETA | 60. LETRA E | 91. CORRETA |
| 30. CORRETA | 61. LETRA C | 92. INCORRETA |
| 31. CORRETA | 62. LETRA B | 93. INCORRETA |



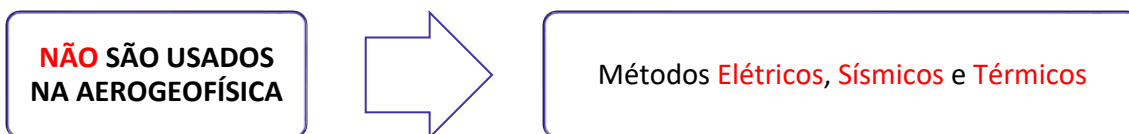
RESUMO

A Geofísica consiste na aplicação de métodos baseados nas **propriedades físicas** dos materiais para o estudo da Terra. Essas propriedades físicas incluem, por exemplo, a **resistividade** ou **condutividade elétrica**, a **densidade**, ou a **suscetibilidade magnética**.

Aspecto	Geologia	Geofísica
OBJETO DE ESTUDO	Planeta Terra	Planeta Terra
MÉTODO UTILIZADO	Método direto (observação de minerais e rochas)	Método indireto (medição das propriedades físicas)



Quanto ao tipo ou formato os levantamentos geofísicos, podem ser **terrestres**, **aéreos** ou **marinhos**. Existem algumas restrições na aplicação de alguns métodos principalmente na aerogeofísica.

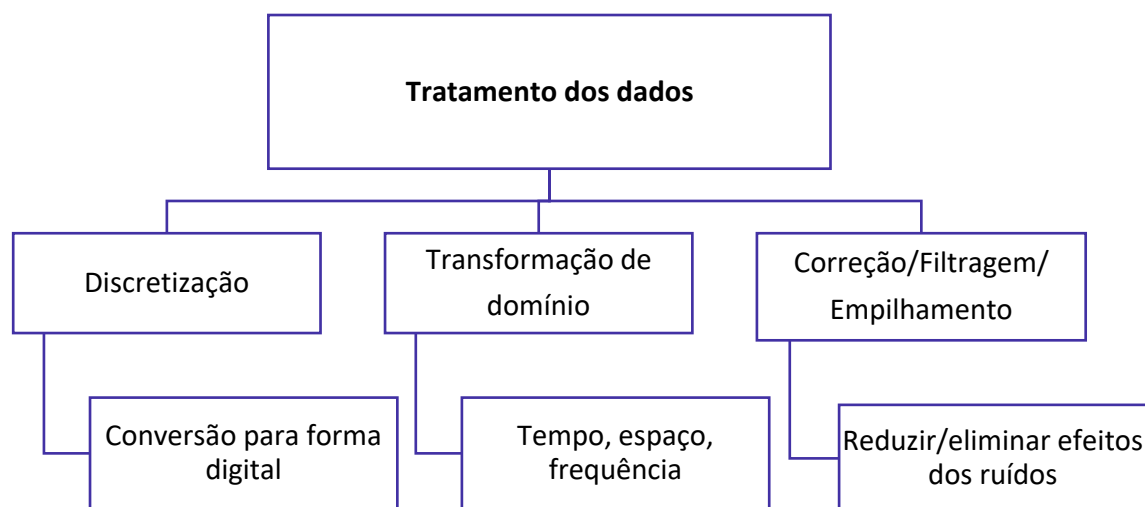


Os métodos de aquisição geofísica, ou métodos de levantamento geofísico, baseiam-se na identificação de **perturbações** ou **anomalias** localizadas, sejam os métodos naturais ou artificiais. Para cada método há uma **propriedade física**, a qual determina o seu **campo de aplicações**.



Método		Parâmetro medido	Propriedades físicas operativas
SÍSMICO		Tempos de percurso de ondas sísmicas refletidas/refratadas	Densidade e módulos elásticos, os quais determinam a velocidade de propagação de ondas sísmicas
GRAVITACIONAL		Variações espaciais da força do campo gravitacional da Terra	Densidade
MAGNÉTICO		Variações espaciais da força do campo geomagnético	Suscetibilidade magnética e remanência
Elétrico	RESISTIVIDADE	Resistência da Terra	Condutividade elétrica
	POLARIZAÇÃO INDUZIDA	Voltagens de polarização ou resistência do solo dependente da frequência	Capacitância elétrica
	POTENCIAL ESPONTÂNEO	Potenciais elétricos	Condutividade elétrica
ELETROMAGNÉTICO		Resposta às radiações eletromagnéticas	Condutividade e indutância elétricas
RADAR		Tempos de percurso de pulsos de radar refletidos	Constante dielétrica

O levantamento geofísico compreende uma série de procedimentos que envolvem os **estudos geofísicos preliminares**, a **preparação da área** e da **estratégia de medição**, as **medidas de campo**, a **apresentação dos dados**, o **tratamento dos dados** e a **interpretação** dos resultados.



As **feições rasas** são caracterizadas por **frequências altas**. As **feições profundas** são caracterizadas por **frequências baixas** e estão associadas às feições geológicas **regionais**. O filtro **passa baixa** é aquele que elimina as frequências altas. O **filtro passa alta** elimina as frequências baixas. O filtro **passa faixa** é aquele usado quando o **interesse** recai em **faixas específica** de frequências. O filtro **rejeita faixa** é aquele usado quando o objetivo é **eliminar** uma faixa específica de frequência.



Uma **anomalia** refere-se ao **desvio significativo** do efeito padrão esperado, ou seja, representa uma **descontinuidade** nas propriedades físicas causadas pelas feições de interesse. Essas anomalias podem ser **positivas**, **negativas** ou do tipo **cruzamento** (*crossover*).

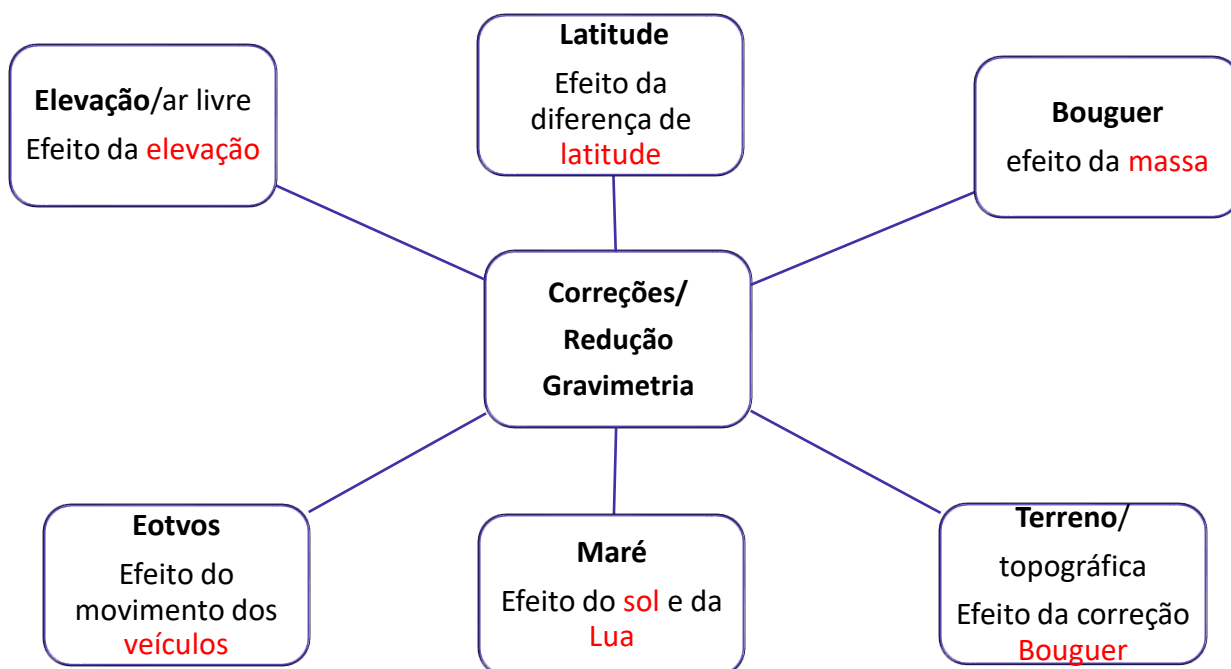


A aceleração **centrífuga** e a aceleração da **atração variam com a latitude**, e essas variações são responsáveis pela mudança no valor da **gravidade**.

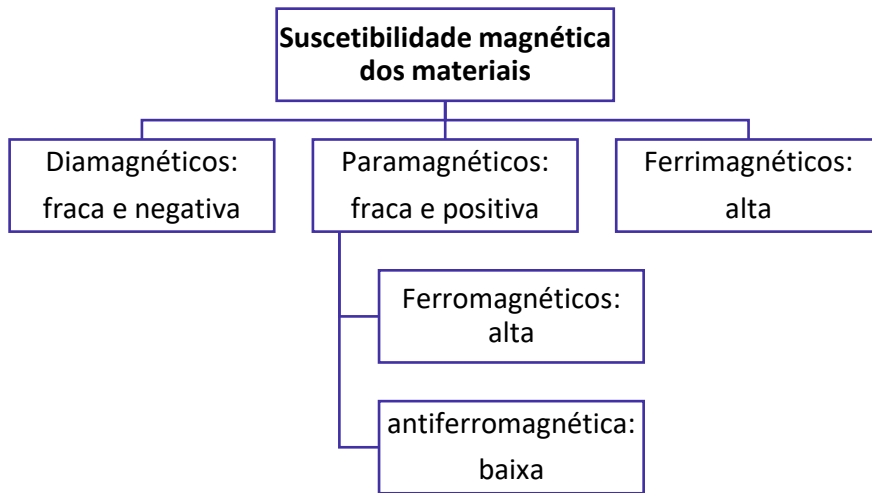
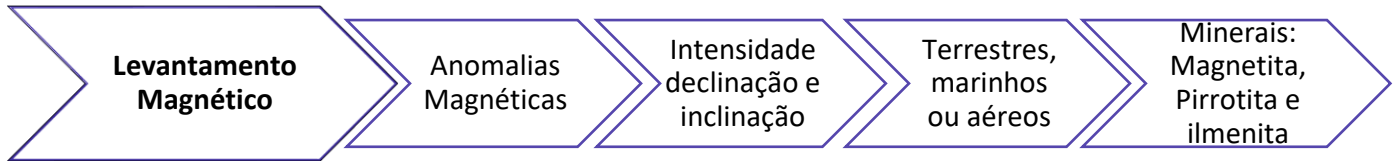
No sistema centímetro-grama-segundo (cgs) utiliza-se para a gravidade o **miligal**, que equivale a **10gu**

$$1 \text{ mgal} = 10\text{gu} = 10^{-3} \text{ gal} = 10^{-3} \text{ cm/s}^2$$

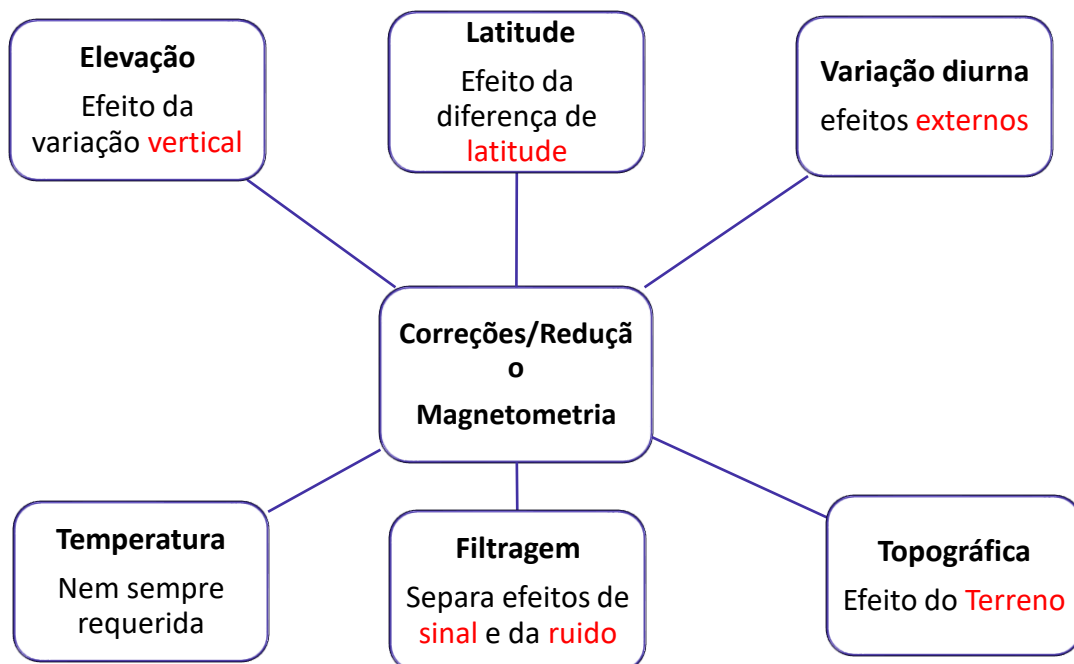
Aspecto\Gravímetro	Gravímetro Worden	Gravímetro LaCoste e Romberg
TIPO	Instável/Astático	Instável/ Astático
PORTE	Portátil	Portátil/bateria externa (maior que Worden)
LEVANTAMENTO	Rápido	Mais lento que o Worden
PRECISÃO	0,01mGal	0,01mGal



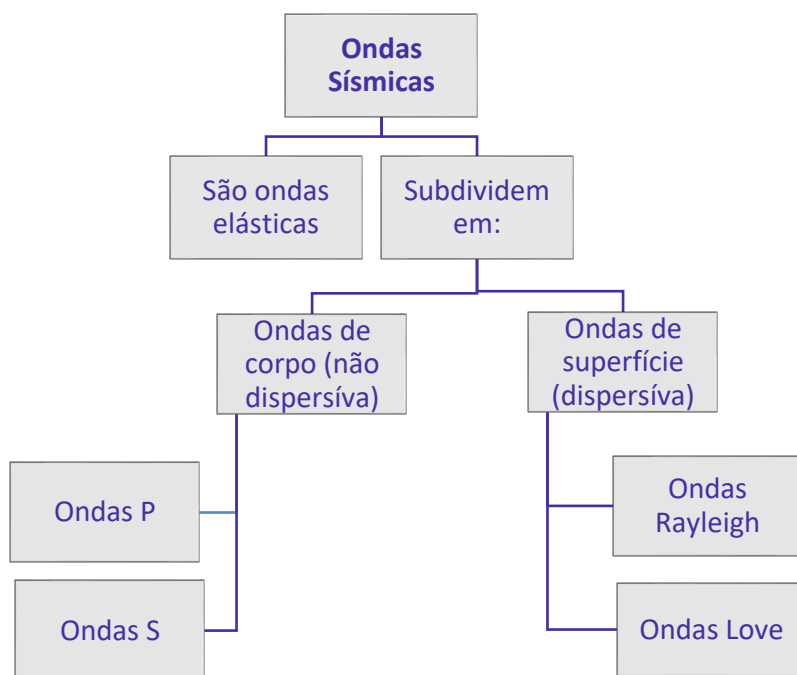
A anomalia **Bouguer** (BA) consiste na **diferença** entre valor da gravidade **observado** no terreno (após as correções) e o valor da **gravidade normal** reduzido para o nível do terreno. A BA é a base para a interpretação dos dados gravimétricos terrestres e é definida através da relação



Nos levantamentos magnéticos, as variações decorrentes das anomalias magnéticas são muito pequenas. Por isso, utiliza-se o **nanotesla** (nT; $1 \text{ nT} = 10^{-9} \text{ T}$). Já o sistema c.g.s. utiliza a unidade **gama** (γ), que equivale a 10^{-5} Gauss.



LEVANTAMENTO SÍSMICO



Ondas P

Primárias (mais rápidas)

Compressivas/longitudinais

Perturbação paralela à direção de propagação

Propagam em sólidos e líquidos

Ondas S

Secundárias (mais lentas)

Cisalhantes/transversais

Perturbação perpendicular à direção de propagação

Propagam apenas em sólidos

Ondas Rayleigh

Superficiais

Movimentos elípticos/retrógrado

Deformação de cisalhamento

Amplitude varia com a profundidade

Ondas Love

Quando a superfície é estratificada

Cisalhantes/transversais

Deformação de cisalhamento

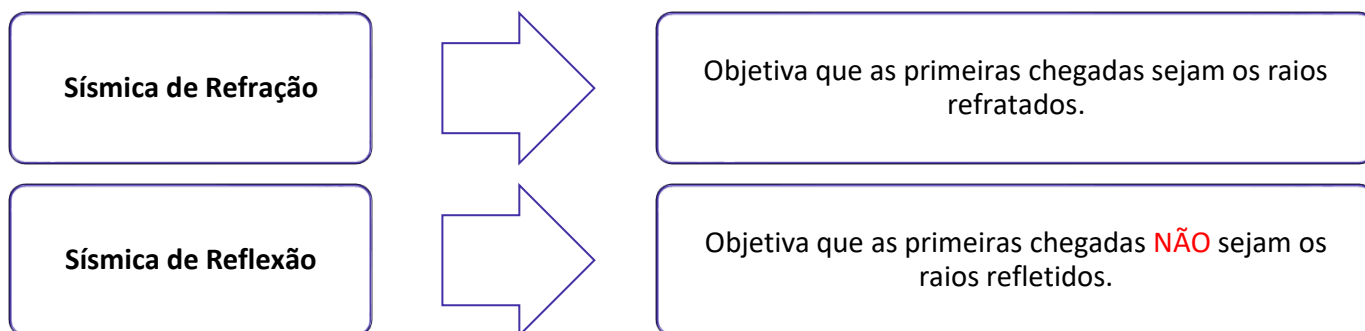
Movimento da partícula paralela à superfície livre e perpendicular à direção de propagação



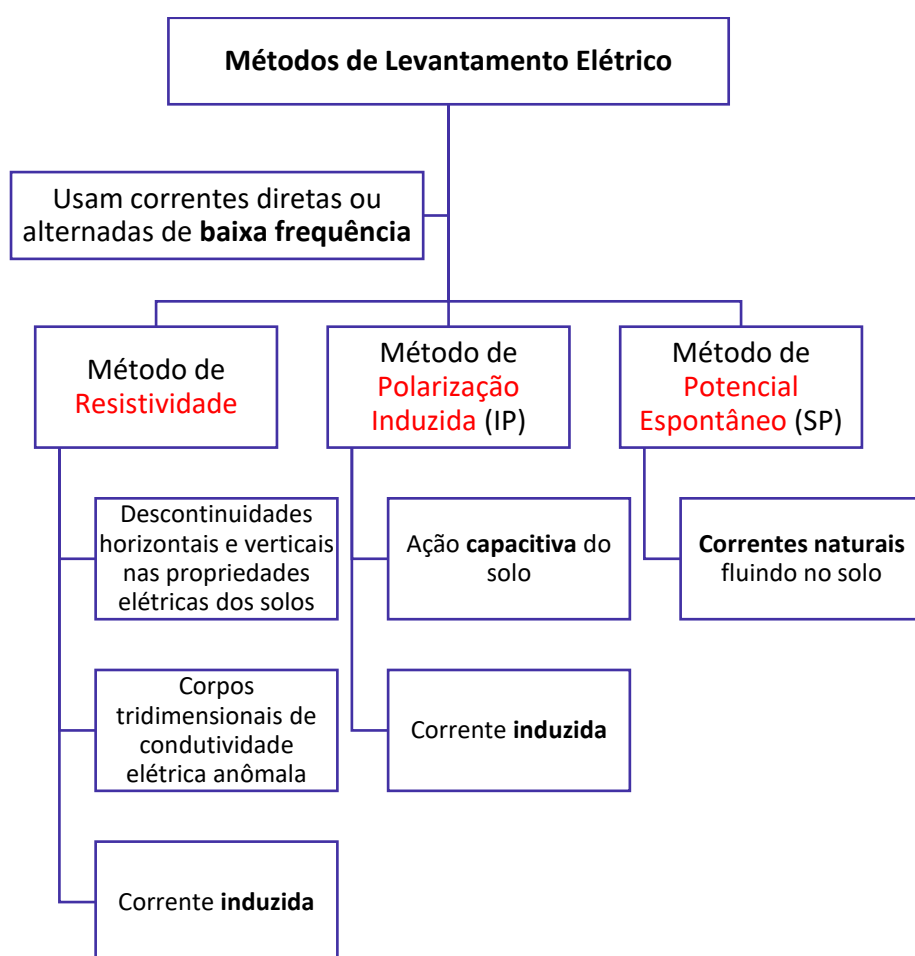
Princípio de Huygens	Cada ponto na frente de onda atua como uma fonte .
Princípio de Fermat	A luz sempre escolhe o caminho mais rápido .
Princípio da Reciprocidade	Caso a onda altere o sentido de propagação, não haverá mudança no seu comportamento.
Atenuação	Diminuição da amplitude da onda. Energia decai devido ao espalhamento .
Impedância acústica	O produto da densidade do meio pela velocidade .
Difração	Difusão radial da energia sísmica incidente em uma superfície com descontinuidade .
Interferência	Quando mais de um pulso de propagação numa mesma direção e em sentidos opostos. Ocorre a superposição . Difusão radial da energia sísmica incidente em uma superfície com descontinuidade .

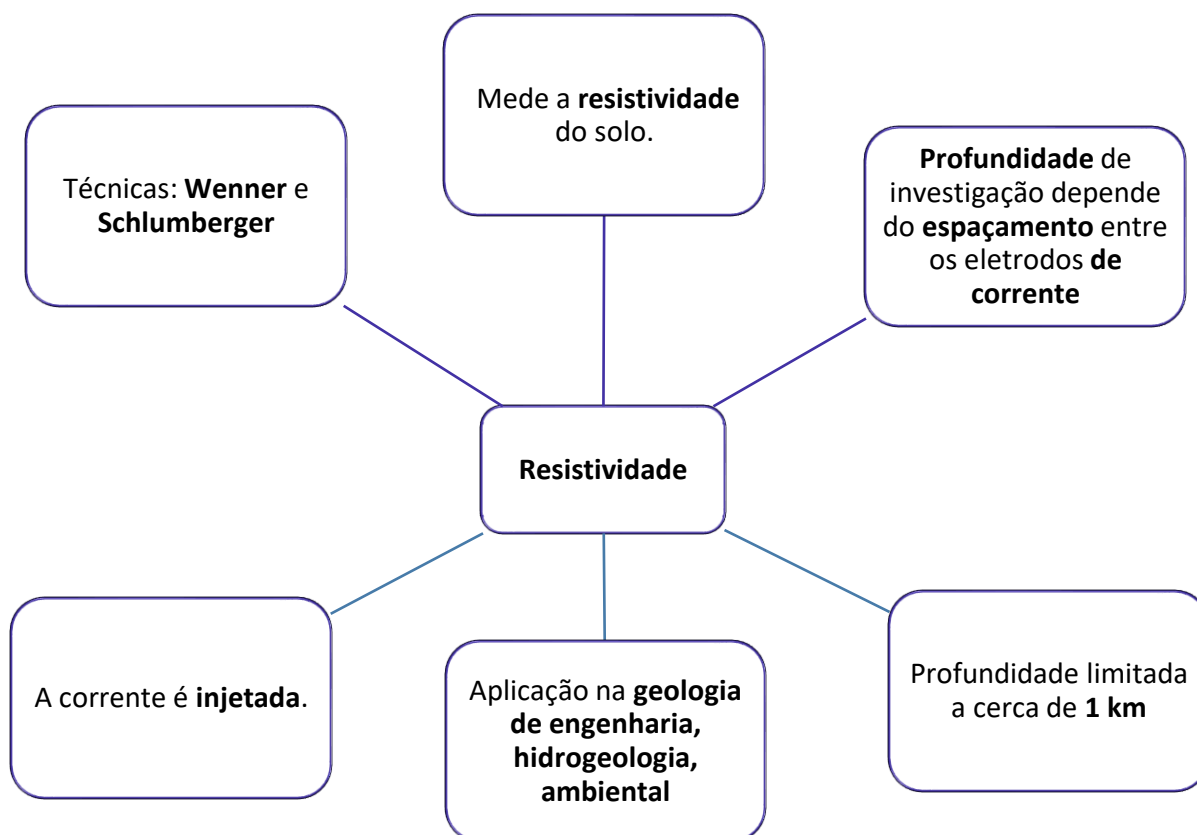
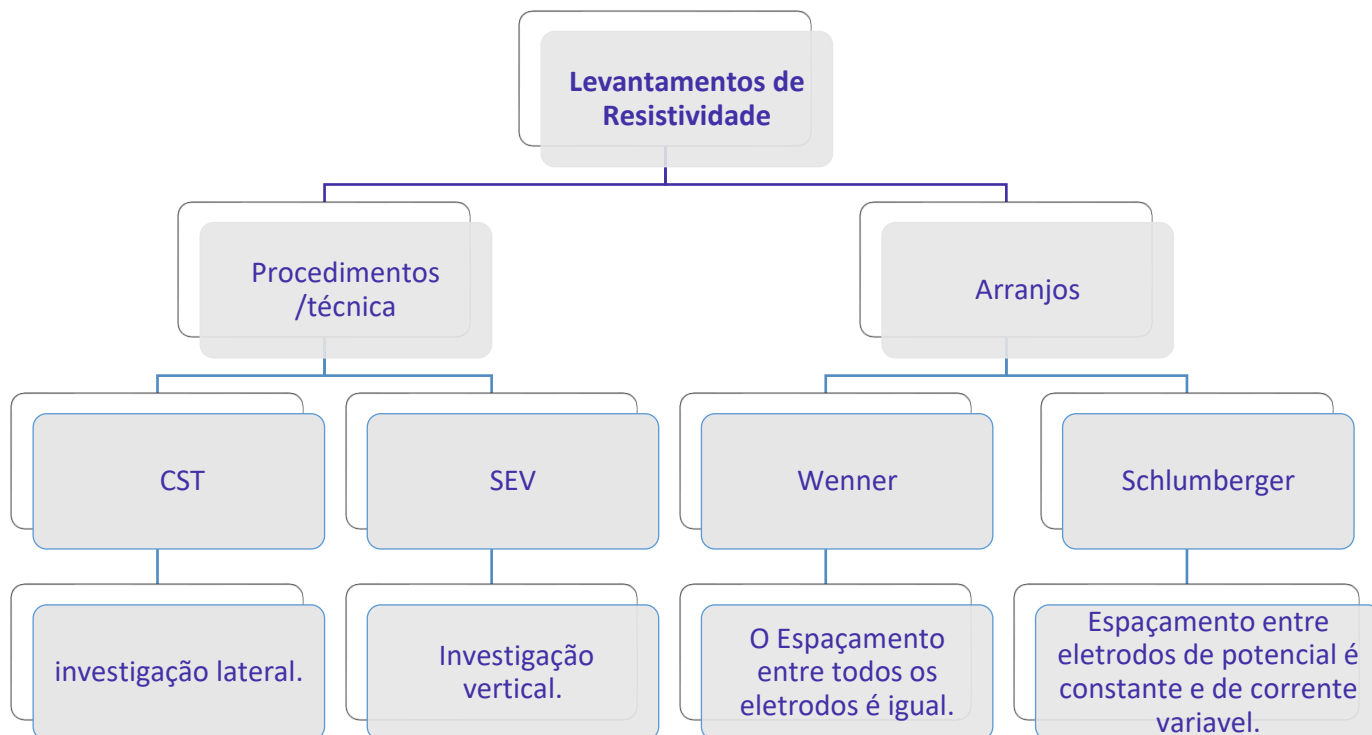
- A **primeira chegada** da energia sísmica num detector de superfície a uma determinada distância da fonte superficial é sempre um **raio direto** ou um raio **refratado**.
- O **tempo** de percurso do raio **refratado** é **menor** que o do raio **direto** à distância de **cruzamento** (crossover distance) x_{cros} . Para distâncias superiores a x_{cros} , a primeira chegada é sempre de um raio **refratado**.
- Até a distância **crítica** (critical distance), x_{crit} , a energia **refratada não atingirá** a superfície.
- À distância **crítica**, os tempos de percurso de raios **refletidos** e **refratados coincidem**, seguem a mesma trajetória.
- Os raios **refletidos nunca** são **primeiras** chegadas, são sempre precedidos por raios diretos, e além da distância crítica, pelos raios refratados.

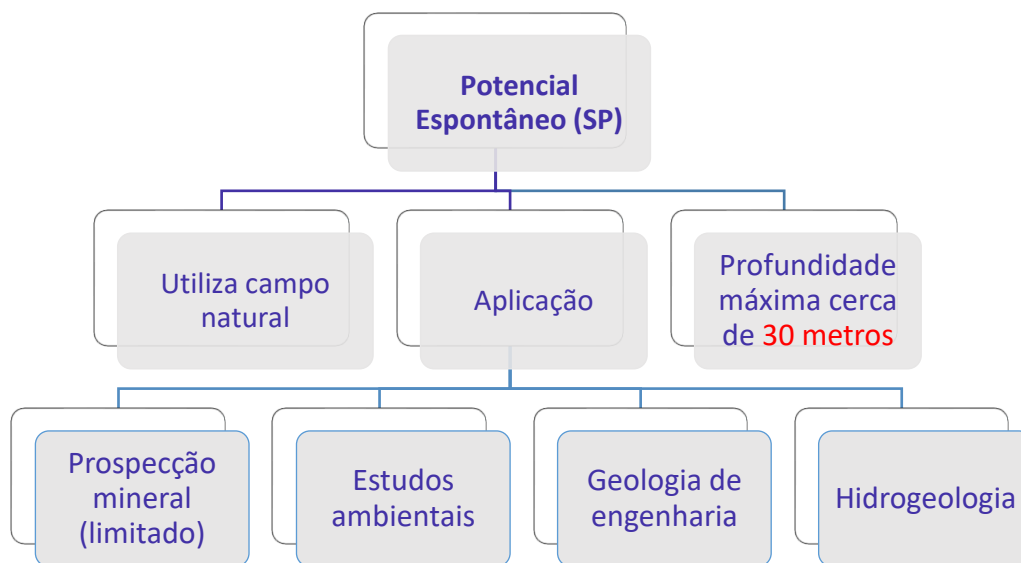
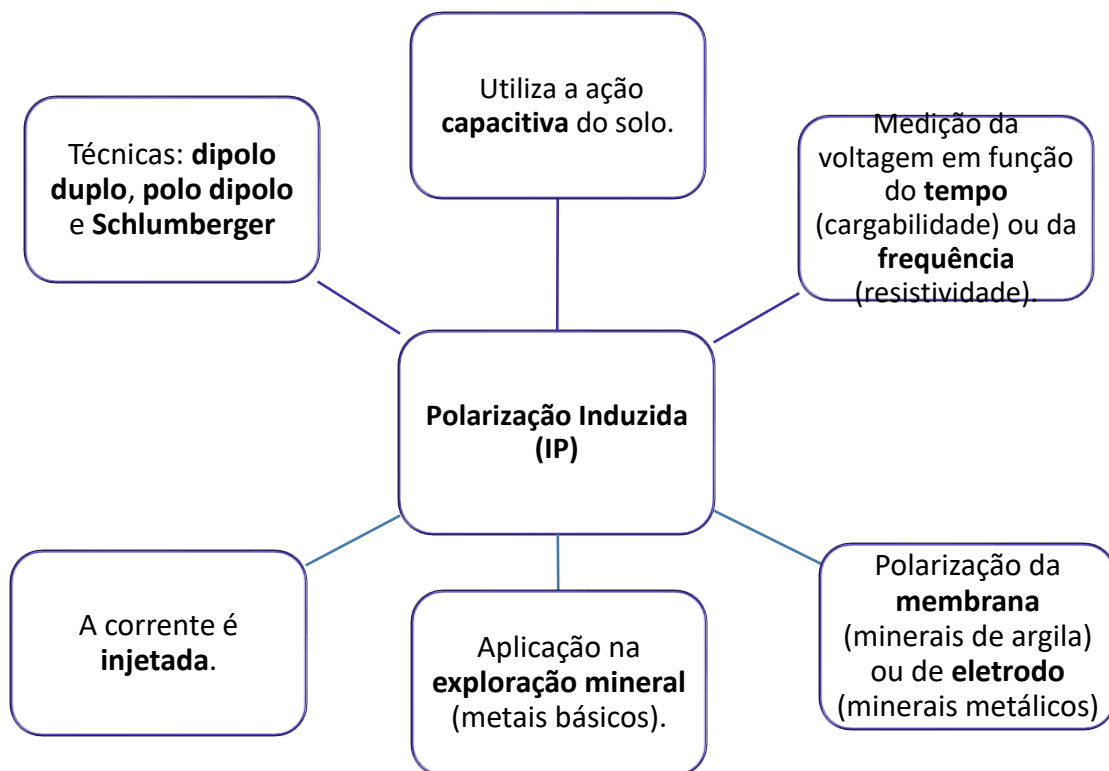




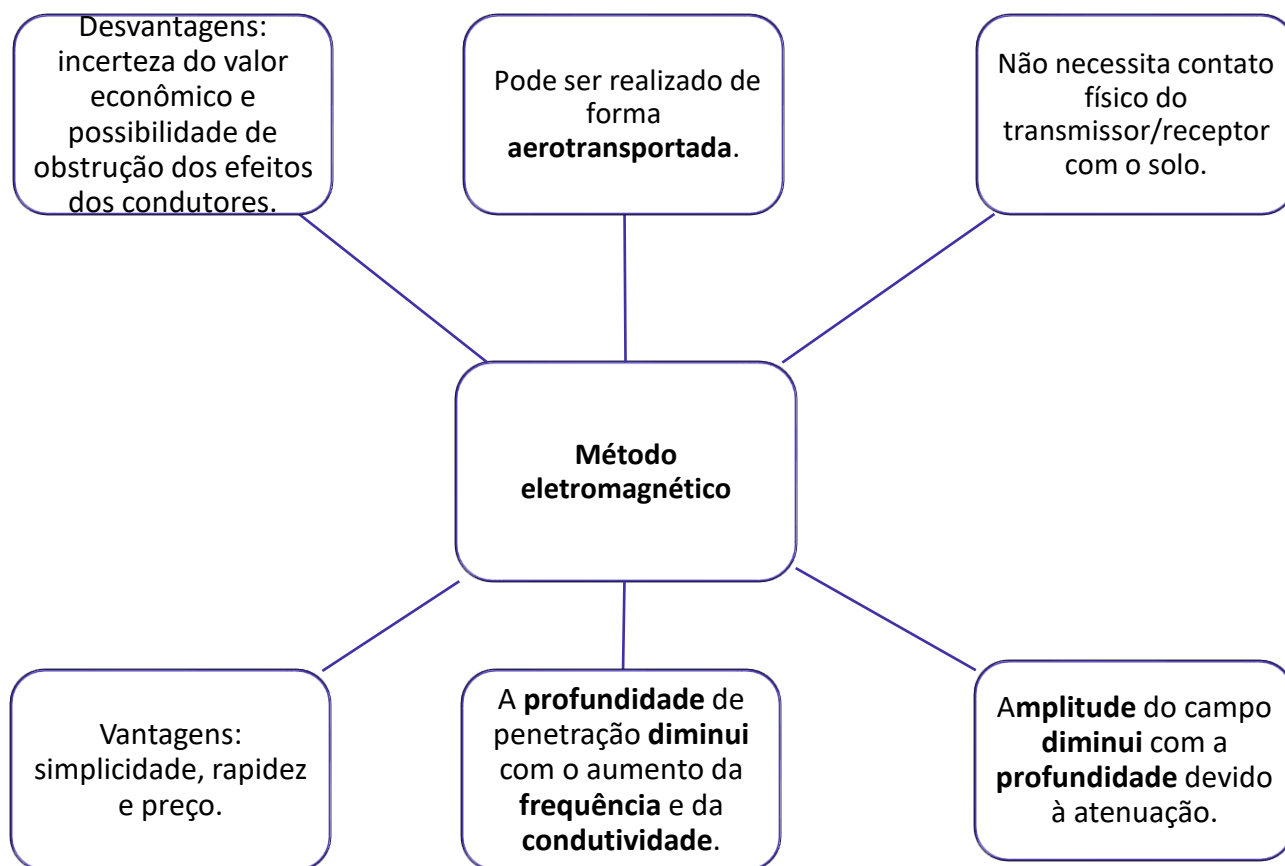
LEVANTAMENTO ELÉTRICO







LEVANTAMENTO ELETROMAGNÉTICO

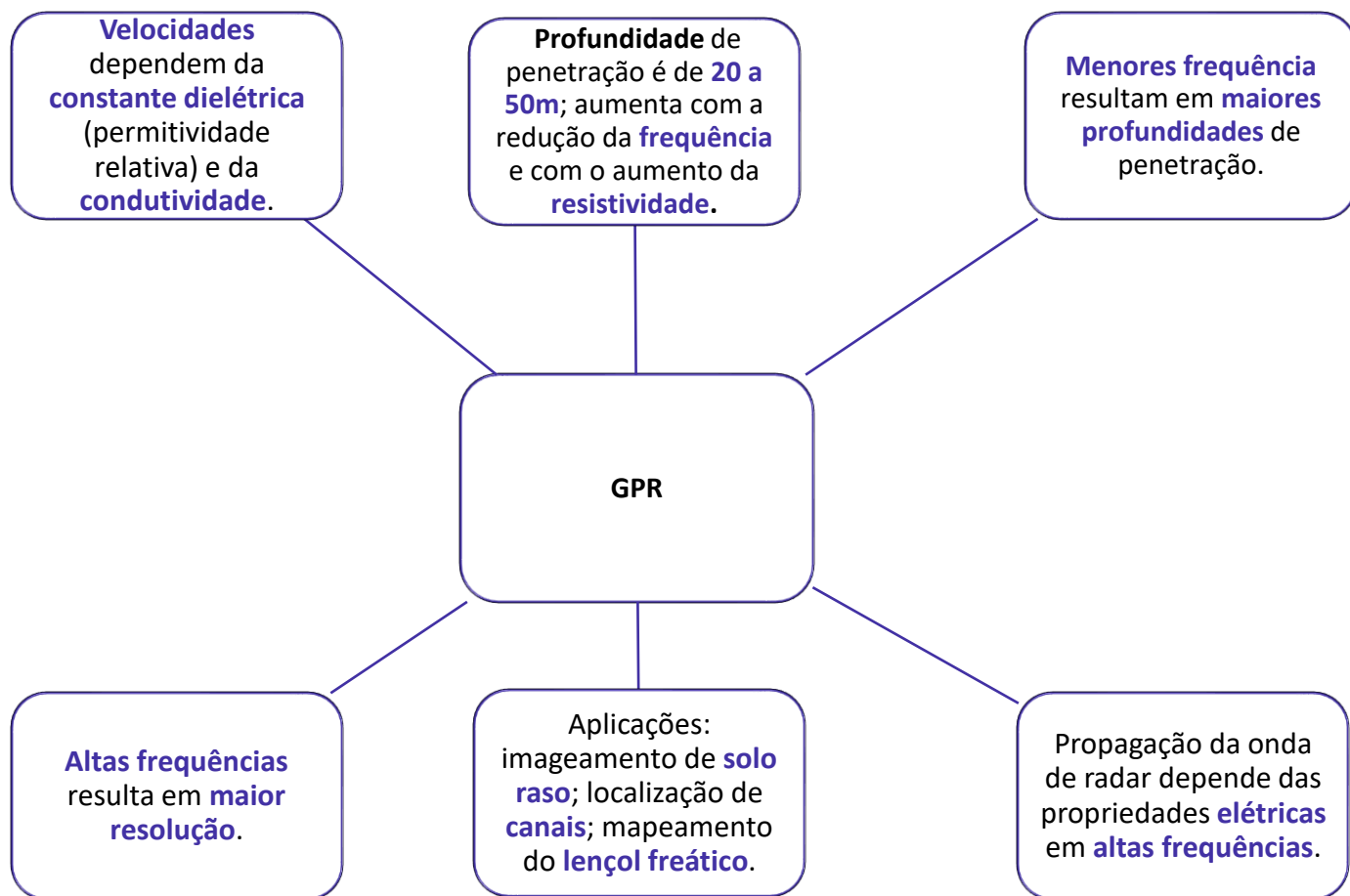


LEVANTAMENTO COM GPR

Maior frequência = Maior a resolução = Menor profundidade de penetração

Menor a frequência = Menor resolução = Maior profundidade de penetração

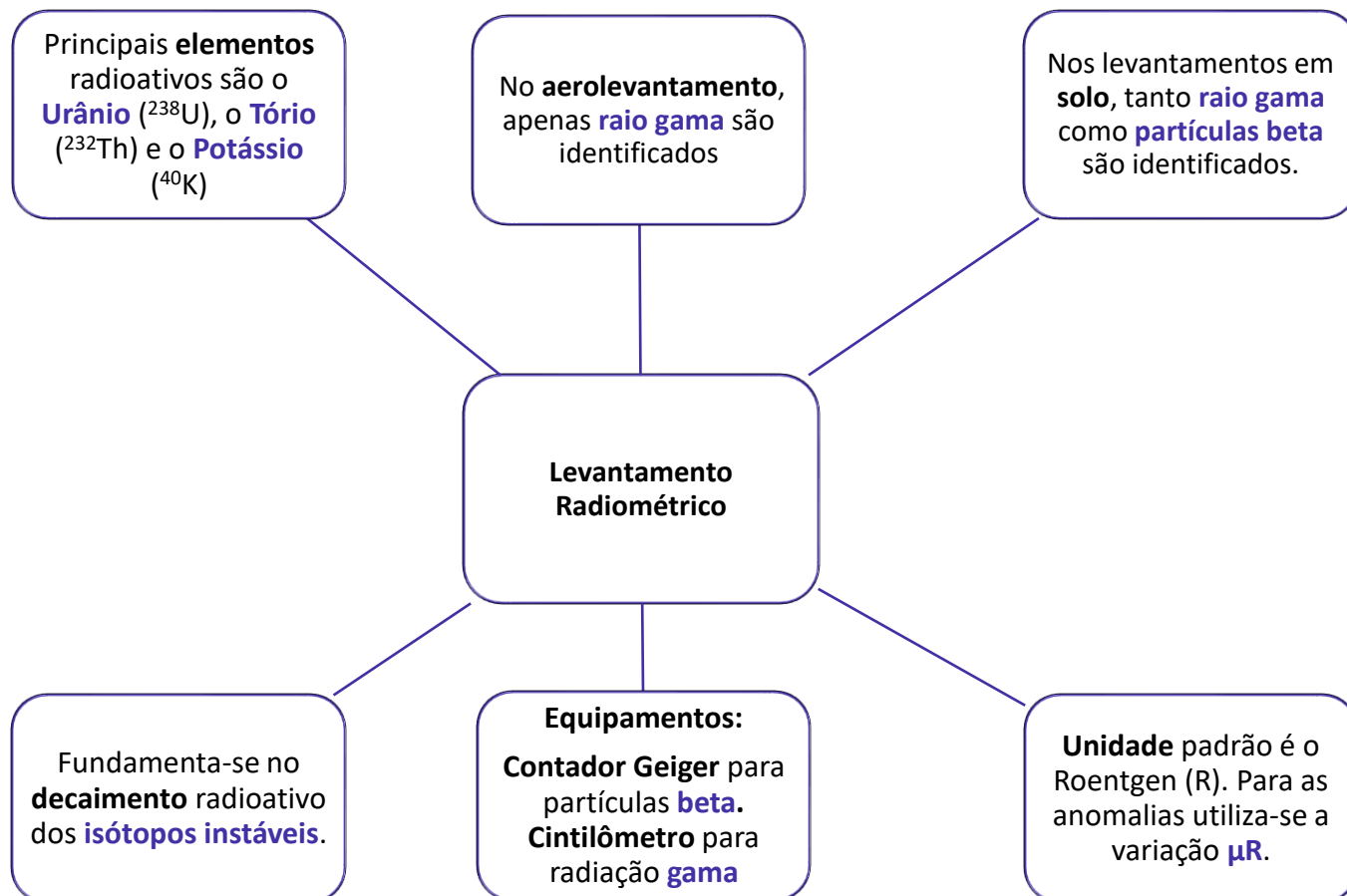




LEVANTAMENTO RADIOMÉTRICO

o levantamento radiométrico é baseado nas emissões radioativas dos isótopos instáveis, os quais são principalmente o **Urânio (^{238}U)**, o **Tório (^{232}Th)** e o **Potássio (^{40}K)**. A **radioatividade** ocorre com emissões de partículas **alfa**, **beta** ou raio **gama**. Contudo, apenas as partículas betas e os raios gama são identificados nos levantamentos radiométricos, sendo que nos levantamentos **aerotransportados**, apenas o decaimento dos raios **gammas** são utilizados. Os equipamentos utilizados incluem o **Contador Geiger**, que responde apenas às partículas **beta**, e o contador de **cintilação** ou cintilômetro, usado na medição de **radiação gama**.





ESSA LEI TODO MUNDO CONHECE: PIRATARIA É CRIME.

Mas é sempre bom revisar o porquê e como você pode ser prejudicado com essa prática.



1

Professor investe seu tempo para elaborar os cursos e o site os coloca à venda.



2

Pirata divulga ilicitamente (grupos de rateio), utilizando-se do anonimato, nomes falsos ou laranjas (geralmente o pirata se anuncia como formador de "grupos solidários" de rateio que não visam lucro).



3

Pirata cria alunos fake praticando falsidade ideológica, comprando cursos do site em nome de pessoas aleatórias (usando nome, CPF, endereço e telefone de terceiros sem autorização).



4

Pirata compra, muitas vezes, clonando cartões de crédito (por vezes o sistema anti-fraude não consegue identificar o golpe a tempo).



5

Pirata fere os Termos de Uso, adultera as aulas e retira a identificação dos arquivos PDF (justamente porque a atividade é ilegal e ele não quer que seus fakes sejam identificados).



6

Pirata revende as aulas protegidas por direitos autorais, praticando concorrência desleal e em flagrante desrespeito à Lei de Direitos Autorais (Lei 9.610/98).



7

Concurseiro(a) desinformado participa de rateio, achando que nada disso está acontecendo e esperando se tornar servidor público para exigir o cumprimento das leis.



8

O professor que elaborou o curso não ganha nada, o site não recebe nada, e a pessoa que praticou todos os ilícitos anteriores (pirata) fica com o lucro.



Deixando de lado esse mar de sujeira, aproveitamos para agradecer a todos que adquirem os cursos honestamente e permitem que o site continue existindo.