

GRAVIMETRIA

Por Gravimetria (grave= peso, metria= medição) entende-se “*medição da gravidade*”, i.e., a medição da magnitude do vector da aceleração da gravidade g .

No sistema de unidades SI, o valor de g é dado em m.s^{-2} . Na Geodesia é muito comum a utilização de uma unidade auxiliar, o Gal (em homenagem a Galileu) para representar o valor da gravidade e o mGal (10^{-5} m.s^{-2}) para representar os pequenos valores, as anomalias da gravidade.

Porquê Gravimetria?

- O estudo do campo gravítico, através da sua **FUNÇÃO POTENCIAL**, necessita do conhecimento de certas quantidades desse mesmo campo, nomeadamente, as componentes do vector gravidade (gradiente da função potencial).
- A grandeza do campo gravítico mais importante para a Geodesia é o **GEÓIDE** (superfície equipotencial de referência altimétrica), a qual se relaciona directamente com o valor da gravidade através da **Fórmula Integral de Stokes**.
- Diferentes densidades de massa geram diferentes valores de atracção gravitacional. Por isso, conhecendo-se com rigor os valores do campo gravítico (*efeito*), podem-se determinar modelos rigorosos de distribuição das massas (*causa*).

Objectivo da Gravimetria

Fornecer valores numéricos da gravidade bem distribuídos pela superfície terrestre, de forma a:

- Possibilitar, juntamente com outras grandezas relacionáveis, a determinação do campo gravítico e a consequente e adequada modelação da superfície do geóide.
- Possibilitar estudos de Geofísica Interna e, consequente, conhecimento da estrutura e variação da densidade da crosta terrestre, através da chamada inversão gravimétrica.

Objectivo da Gravimetria

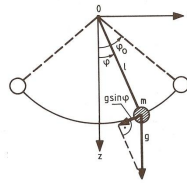
O objectivo da GRAVIMETRIA é determinar o campo gravítico da Terra, ou de qualquer outro corpo celeste, como função da posição e do tempo através da medição do valor da gravidade e do seu gradiente na superfície do corpo (planeta, astro ou asteroide) ou na sua vizinhança (Torge, 1989).

Como obter o valor de “g”?

➤ *Método pendular*

$$l\ddot{\varphi} + g\sin\varphi = 0$$

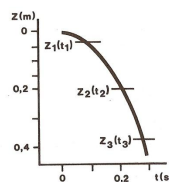
$$g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2}$$



➤ *Método da queda livre*

$$z = z_0 + \dot{z}_0 t + \frac{g}{2} t^2$$

$$g = 2 \frac{(z_3 - z_1)(t_2 - t_1) - (z_2 - z_1)(t_3 - t_1)}{(t_3 - t_1)(t_2 - t_1)(t_3 - t_2)}$$



Como medir “g”?

➤ *Gravimetria absoluta (g)*

- mede simultaneamente (z_i , t_i) de uma massa em queda livre e obtém o valor g



➤ *Gravimetria relativa (δg)*

- mede apenas uma das quantidades, normalmente (δz), e obtém a variação de δg entre dois pontos (desnível gravimétrico)



Como medir “g”?

➤ *A medição directa da aceleração de uma massa em queda livre, conceptualmente simples, é tecnologicamente difícil quando se pretende uma exactidão de 2μGal.*

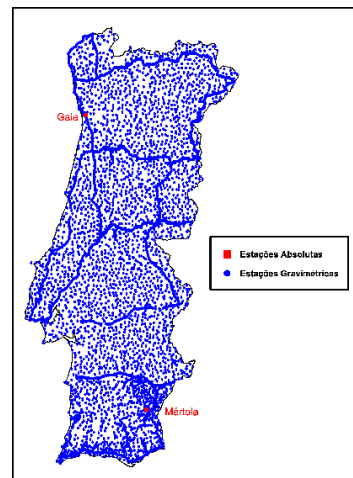
$$dg = \frac{g}{z} dz - \frac{2g}{t} dt$$

$$(\sigma_z = 0.5 \text{ nm e } \sigma_t = 0.3 \text{ ns} \Leftrightarrow \sigma_g = 10^{-8} \text{ m/s}^2)$$

Redes Gravimétricas

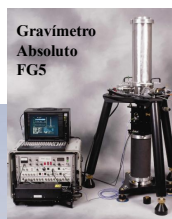
➤ *As redes gravimétricas são constituídas por algumas estações de gravimetria absoluta, nas quais se apoia uma densa rede de estações de gravimetria relativa.*

$$g = g_{abs} + \delta g_{rel}$$



Gravimetria Absoluta

Precisão $\sigma_g = 1$ a $2 \mu\text{Gal}$



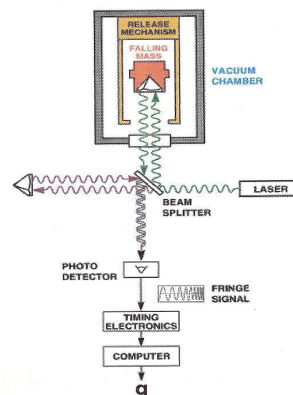
Geodesia Física – Aula 5

FCUL-EG

Método da queda livre

➤ Baseiam-se na medição do movimento em queda livre de uma massa numa câmara de vácuo, através da interferência entre um sinal **Laser** por ela reflectido em cada instante e o mesmo sinal reflectido por uma referência estacionária – **interferometria**.

Absolute Gravity Meter

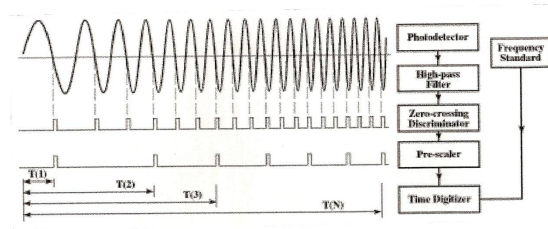


Geodesia Física – Aula 5

FCUL-EG

Método da queda livre

➤ A interferência resultante da oposição de fase dos sinais reflectidos, chamada *fringe signal*, permite contabilizar o número de sinais nulos (*zero-crossing*), equivalente a meio comprimentos de onda do sinal laser de deslocamento da massa, e os respectivos intervalos de tempo.

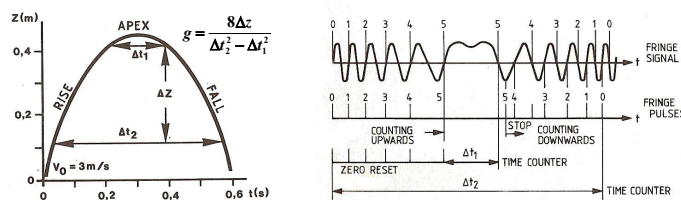


Geodesia Física – Aula 5

FCUL-EG

Método da ascensão-queda

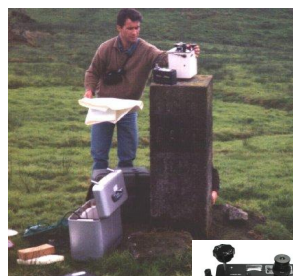
➤ Os erros provocados pela pressão atmosférica, gradiente térmico ou campo electromagnético residuais no interior da câmara de vácuo são cancelados se o movimento da massa teste for de ascensão e queda. Este tipo de medição soma ainda mais vantagens, nomeadamente, um maior número de observações.



Geodesia Física – Aula 5

FCUL-EG

Gravimetria Relativa

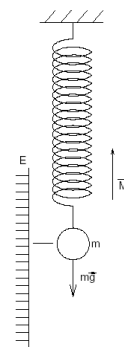
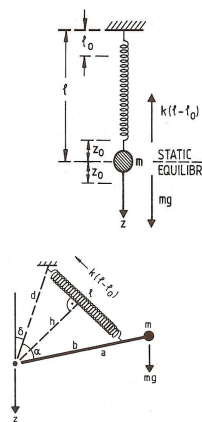


Geodesia Física – Aula 5

FCUL-EG

Método do equilíbrio de forças

➤ Os gravímetros relativos baseiam-se na variação da posição (δz) de uma massa-teste, resultante de uma relação de equilíbrio entre a força da gravidade e um outro campo de força, **mecânico** ou **electromagnético**.

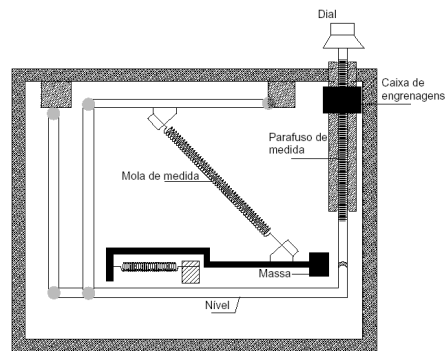


Geodesia Física – Aula 5

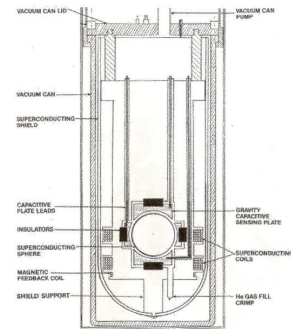
FCUL-EG

Método do equilíbrio de forças

- Esquema de funcionamento do gravímetro Lacost&Romberg e de um supercondutor.



Geodesia Física – Aula 5

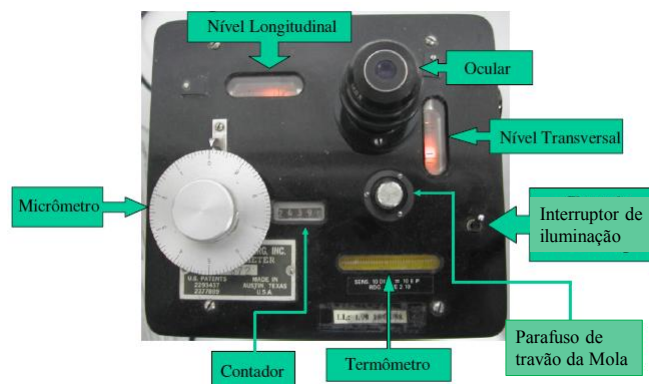


$$g = g_0 + \delta g = g_0 + k \cdot \delta z$$

FCUL-EG

Operação com gravímetro

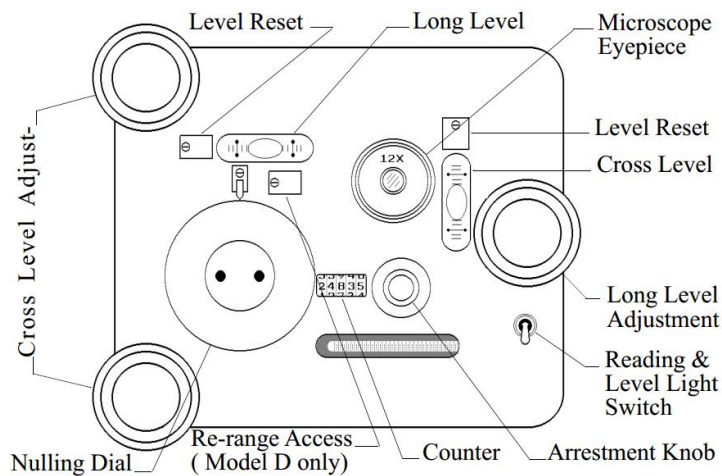
- Componentes do gravímetro Lacost&Romberg



Geodesia Física – Aula 5

FCUL-EG

Operação com gravímetro



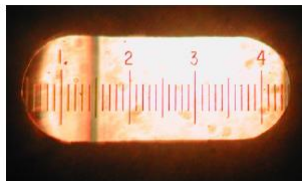
Geodesia Física – Aula 5

FCUL-EG

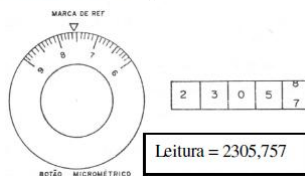
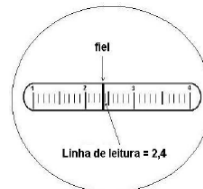
Operação com gravímetro

➤ Leitura do gravímetro Lacost&Romberg

Posição de mola travada



Posição de mola em equilíbrio



Geodesia Física – Aula 5

FCUL-EG

Operação com gravímetro

➤ Tabela de Intervalos de Leituras em função da Latitude
(serve para reposicionar a leitura num local de latitude diferente)

Latitude	Approx. Gravity	Approx. Reading
0	978.046	1430
10	978.203	1600
20	978.652	2050
30	979.337	2750
40	980.178	3600
50	981.078	4530
60	981.930	5400
70	982.623	6100
80	983.073	6560
90	983.223	6700

Geodesia Física – Aula 5

FCUL-EG

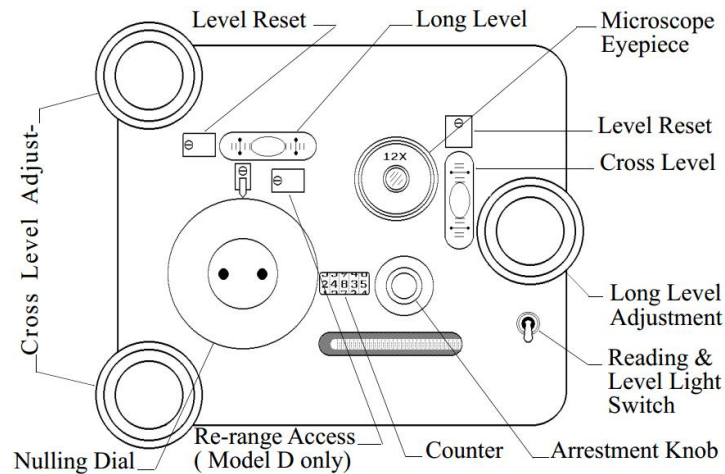
Operação com gravímetro

- Operar o gravímetro Lacost&Romberg
- 1º Retirar com cuidado o gravímetro da caixa
 - 2º Estacionar o gravímetro no prato
 - 3º Acender a luz de iluminação
 - 4º Nivelar e calar as nivelas (long. e transv.)
 - 5º Destruar a mola com o parafuso
 - 6º “Zerar” o gravímetro, tanger a agulha com a linha de leitura (2,6 ou 2,8)
 - 7º Esperar 8-10 minutos (ajustando a agulha)
 - 8º Fazer 1ª leitura e registar hora TU

Geodesia Física – Aula 5

FCUL-EG

Operação com gravímetro



Geodesia Física – Aula 5

FCUL-EG

Operação com gravímetro

- Operar o gravímetro Lacost&Romberg
 - 9º Desfazer a leitura com $\frac{1}{2}$ volta do micrómetro e voltar a “zerar” a leitura
 - 10º Espera 1 minuto, ler 2ª leitura com registo TU
 - 11º Trancar agulha com parafuso (rodar para a direita até ao fim)
 - 12º Desligar luz
 - 13º Colocar, com máximo cuidado, o gravímetro na caixa
 - 14º Transportar com cuidado para próxima estação

Geodesia Física – Aula 5

FCUL-EG

Operação com gravímetro

- Operar o gravímetro Lacost&Romberg
 - A observação e medição com gravímetros relativos deve seguir sempre o método de circuito fechado
 - Os circuitos fechados são apoiados em marcas de gravimetria previamente determinadas
 - Os valores observados devem ser sempre corrigidos da variação de atração luni-solar (maré terrestre) e da deriva instrumental

Links sobre Gravímetros

- www.microsolutions.com
- www.gwrinstruments.com
- www.ngs.noaa.gov/GRD/grprojects/
- www.ngs.noaa.gov/GRD/GRAVITY/ABSG.html
- www.lacosteromberg.com