

## Subida do NMM e Referenciais Verticais

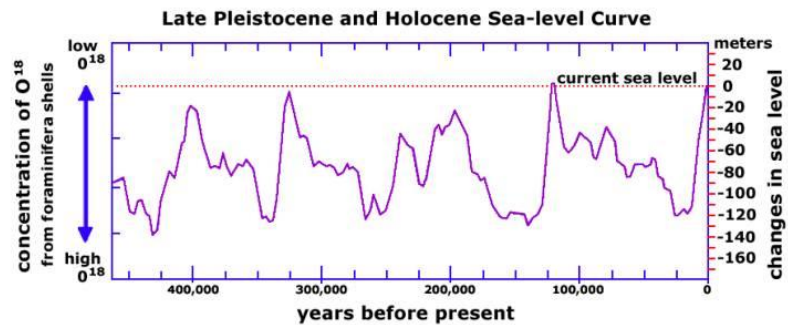
- **Introdução**
- **Sistemas de Referência Verticais**
- **Subida do NMM**
- **Revisão do Datum Altimétrico**
- **Discussão & Conclusão**

## Introdução

- **Componentes da variação do NMM local:**
  - ✓ **Forçamento atmosférico & oceânico** – sobre-elevação meteorológica;
  - ✓ **Subsidência** – movimento vertical de terras/estruturas resultante de cargas superficiais;
  - ✓ **Tectónica** – movimentos resultantes da tectónica das placas;
  - ✓ **Isostática** – ajustamento da crosta como reposta viscoelástica à carga superficial do gelo glacial;
  - ✓ **Eustática** – variação do volume de água.
- **Os efeitos variam de local para local, uns são relativos outros são absolutos**

## Introdução

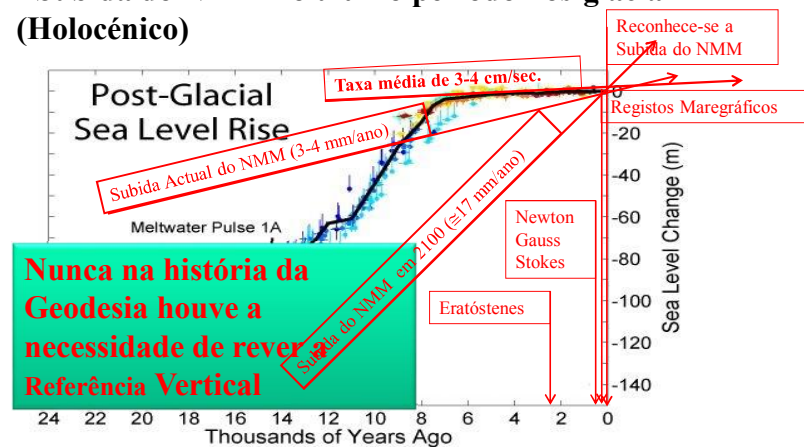
- Variação do NMM nos últimos ciclos glaciares



Source of data modified from CLIMAP isotopic data summarized in chart is from Ice Ages by John Imbrie and Katherine Imbrie, 1979

## Introdução

- Subida do NMM no último período Pós-glacial (Holocénico)

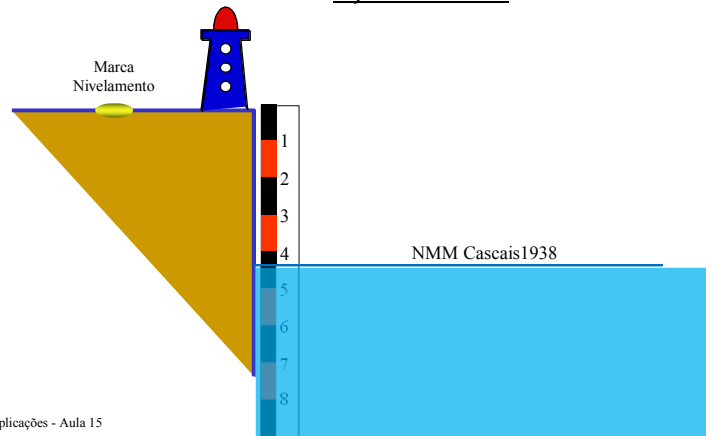


**Nunca na história da Geodesia houve a necessidade de rever a Referência Vertical**

## Sistemas de Referência Verticais

### • Datum Altimétrico

- a) O Datum Cascais1938 é materializado através de uma Marca de Nivelamento, situada 4.308 m acima do NMM1938 - Referencial Vertical.



Geodesia & Aplicações - Aula 15

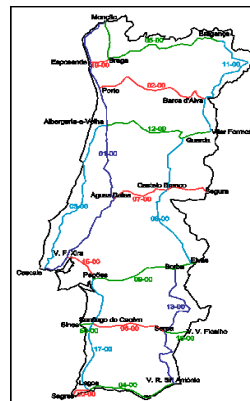
FCUL-EG

## Sistemas de Referência Verticais

### • Datum Altimétrico

- a) O Datum Cascais1938 é materializado através de uma Marca de Nivelamento, situada 4.308 m acima do NMM1938 - Referencial Vertical.
- b) A altitude da marca de referência de Cascais1938 é transportada por nivelamento geométrico para o resto do país através de linhas de nivelamento geométrico.
- c) O sistema nacional de referência vertical é dado por um sistema de altitudes ortométricas (Helmert 1938).

$$H = \frac{C}{\bar{g}} \cong \frac{C}{g + 0.0424H}$$



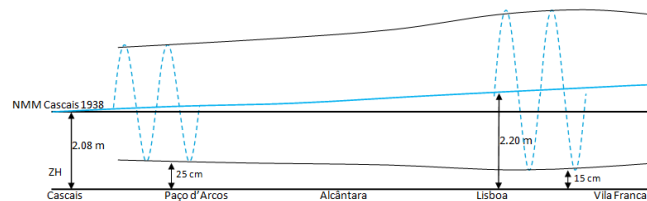
Geodesia & Aplicações - Aula 15

FCUL-EG

## Sistemas de Referência Verticais

### • Zero Hidrográfico - ZH

- ✓ O ZH é o referencial vertical válido na Hidrografia (para as marés e cartografia náutica) para uma dada zona hidrográfica.
- ✓ Em Portugal é definido pela mais baixa das baixa-mares registadas num período nodal (18.6 anos), acrescido de uma margem de segurança.
- ✓ Dado que as marés equinociais em Cascais atingem a amplitude máxima de 1.85 m, o ZH situa-se a 2.08 m do NMM1938.



- ✓ No resto do país o ZH é de 2 m, na Madeira de 1.4 m e nos Açores de 1 m.

Geodesia & Aplicações - Aula 15

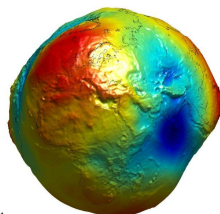
FCUL-EG

## Sistemas de Referência Verticais

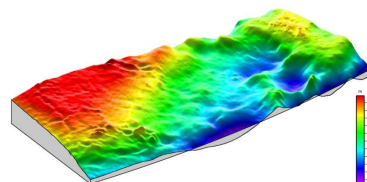
### • Geóide

- ✓ É a superfície equipotencial de referência que define rigorosamente o datum altimétrico global (ou regional);
- ✓ Define matematicamente a figura física da Terra e é a solução do problema de fronteira da Geodesia Física;
- ✓ O Geóide pode ser definido por vários modelos e fixado, por convenção, num qualquer "nível" – modelo de geóide convencionado.

Modelo Global de Geóide



Geodesia & Aplicações - Aula 15



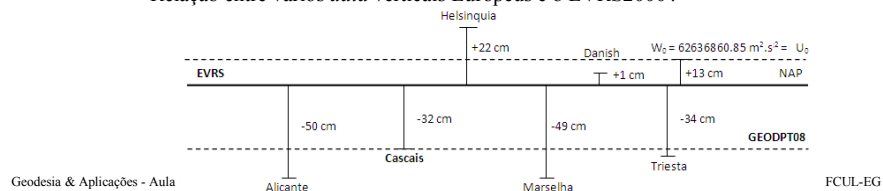
Iberian-Azores Gravity Model (Catalão, 2006)

FCUL-EG

## Sistemas de Referência Verticais

### • EVRS

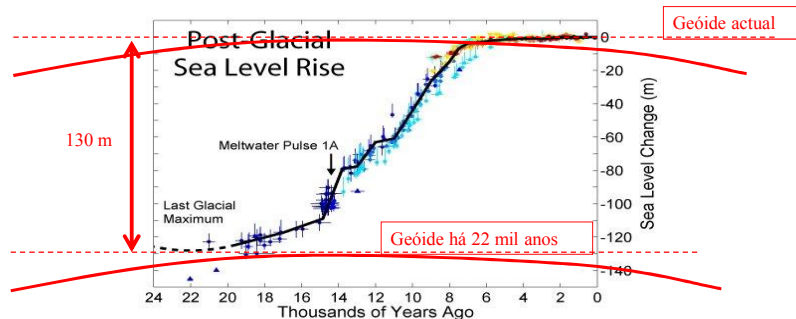
- ✓ O referencial *European Vertical Reference Frame 2007* é a mais recente realização do sistema de referência vertical europeu (EVRS2007) e a continuação da solução da rede de nivelamento europeia, UELN95/98;
- ✓ Os objectivos do EVRS são: a) definir um sistema de referência vertical europeu harmonizado e sem hiatos; b) elaborar recomendações à Comissão Europeia para uma futura adopção do EVRS a ser proposto na directiva INSPIRE; c) providenciar um sistema de altitudes actualizado e compatível com as convenções do EVRS.
- ✓ Relação entre vários *data* verticais Europeus e o EVRS2000 :



## Subida do NMM

### • Modelo de Geóide com a subida do NMM

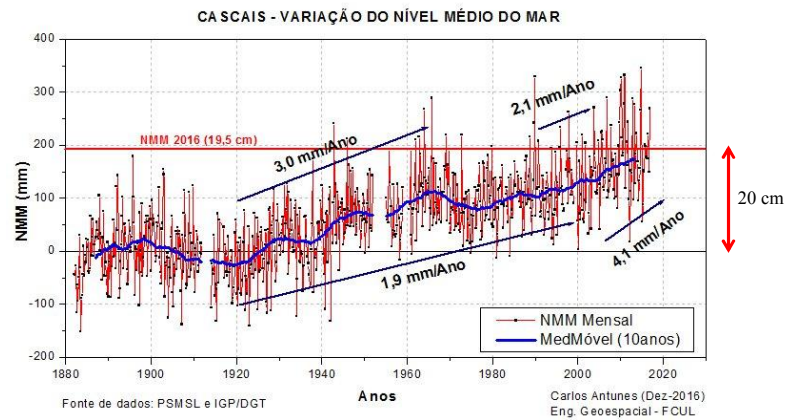
- 1) A concretização do GEÓIDE é definida pelo  $W_0$ , o qual é determinado pelos parâmetros ( $GM$ ,  $a$ ,  $e^2$ ,  $\omega$ );



- 2) No período interglacial,  $GM$  permanece constante, mas ( $a$ ,  $e^2$ ) variam

## Subida do NMM

- Série secular da variação mensal do NMM

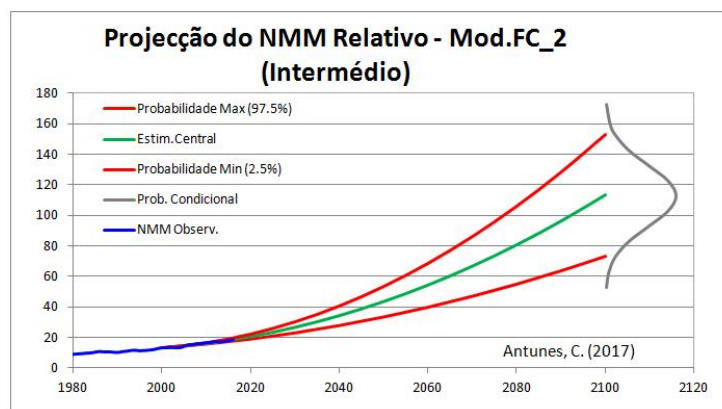


Geodesia & Aplicações - Aula 15

FCUL-EG

## Subida do NMM

- Projecção do NMM relativo em Cascais

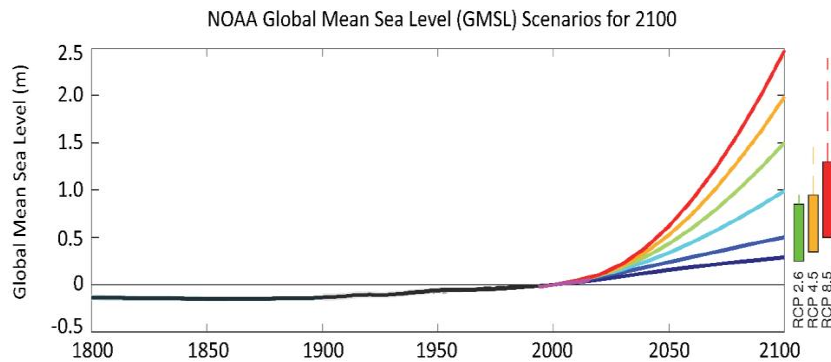


Geodesia & Aplicações - Aula 15

FCUL-EG

## Subida do NMM

### • Projeções da NOAA, 2017

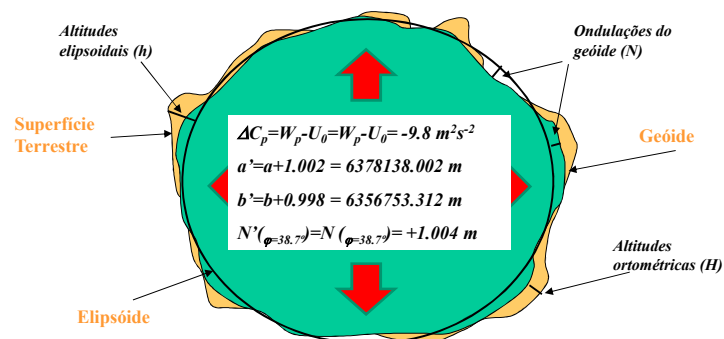


Geodesia & Aplicações - Aula 15

FCUL-EG

## Subida do NMM

### • Modelo de Geóide com a subida do NMM



- Supondo uma subida do NMM de 1 m, aumenta o semi-eixo maior ( $a$ ), eleva-se a superfície do GEÓIDE, diminui o potencial  $W_0=U_0$  e aumentam os raios do ELIPSÓIDE.

Geodesia & Aplicações - Aula 15

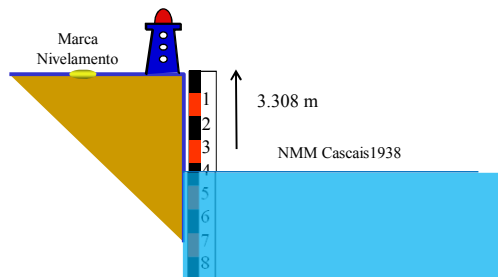
FCUL-EG

## Revisão do Datum Altimétrico

### • Datum Altimétrico e sistema de altitudes

- Supondo a **subida do NMM em 1 m**, a redefinição do referencial altimétrico (Datum Cascais1938) implica:

- Redução da cota da marca de referência, de 4.308 para 3.308 m;



- E a consequente redução de todas as altitudes ortométricas em 1 m.

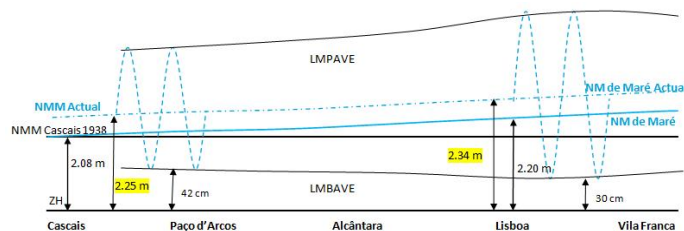
Geodesia & Aplicações - Aula 15

FCUL-EG

## Revisão do Datum Altimétrico

### • ZH vs NMM Actual

- Actualmente, devido à subida do NMM, 17 cm acima do Datum Cascais1938, o ZH situa-se 2.25 m abaixo do NMM actual de Cascais e 2.34 m abaixo do NMMaré em Lisboa.



- Uma consequência é o aumento da coluna de água abaixo do nível de maré, com implicações na segurança de navegação e nos níveis de dragagem nas águas restritas (canais, cais e docas).

Geodesia & Aplicações - Aula 15

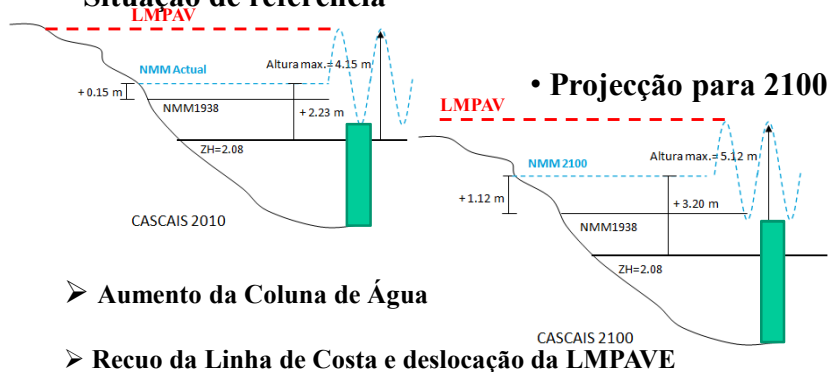
FCUL-EG



## Revisão do Datum Altimétrico

- ZH e profundidades em águas restritas

- Situação de referência



- Aumento da Coluna de Água

- Recuo da Linha de Costa e deslocação da LMPAVE

Geodesia & Aplicações - Aula 15

FCUL-EG

## Discussão & Conclusões

- A subida do NMM obrigará :
  - à revisão do Datum Vertical e sistema de altitudes ortométricas;
  - à revisão do Zero Hidrográfico e da batimetria de toda a cartografia náutica costeira;
- A subida do NMM implicará :
  - o recuo da linha de costa;
  - alteração dos limites administrativos (LMPAV) e da cartografia costeira;

Geodesia & Aplicações - Aula 15

FCUL-EG

## Discussão & Conclusões

- Por imposição da Directiva INSPIRE, Portugal será obrigado a :
  - adotar o sistema europeu de referência vertical (EVRS2007 ou outro posterior);
  - rever os data verticais e o sistema de altitudes em toda a sua cartografia;
- A não revisão dos ZH devido à subida do NMM levará a :
  - a um aumento de segurança na navegação;
  - à redução da navegabilidade efectiva;
  - ao aumento do volume de dragagens, com os consequentes custos económicos;