

HISTORIA da GEODESIA

- Geodesia na Antiguidade
- Idade Média na Geodesia
- O Renascimento na Geodesia
- A era Moderna na Geodesia

O Renascimento na Geodesia

Nos finais do séc. XV, inícios do XVI, surgem os progressos decorrentes dos Descobrimentos .

Cristóvão **Colombo**, em 1492, descobre a América.

Vasco da **Gama**, em 1497, descobre o caminho marítimo para a Índia, contornando o continente africano.

Alvares **Cabral**, em 1500, descobre o Brasil.

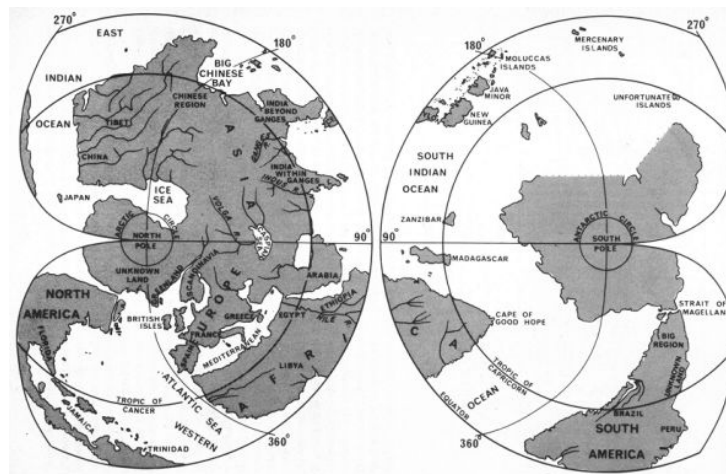
Fernão **Magalhães**, entre 1519 e 1522, realiza a circunavegação, contornando o extremo sul do continente americano.

O Renascimento na Geodesia

- Com estas expedições surgiu uma nova profissão: a Cartografia, a arte de representar graficamente o produto final da **Geodesia**
- O crescente conhecimento da Geografia constitui a base da Cartografia (rigorosa)
- Américo **Vespúcio** (1451-1512), um dos primeiros cartógrafos de nomeada, legou-nos os primeiros mapas da costa do Pacífico norte-americano (deu origem ao nome do continente).
- **Mercator** (1512-1594), considerado o pai da Cartografia moderna, define a primeira projecção.

O Renascimento na Geodesia

Mapa-mundi de Mercator



O Renascimento na Geodesia

Nicolaus de Cusa (1401-1464), Escreveu sobre o movimento diurno da Terra e introduziu a ideia de um Universo infinito

Leonardo da Vinci (1452-1519), sugeriu a possibilidade da isostasia

Copérnico (1473-1543), sacerdote polaco publicou a sua teoria heliocêntrica que, pela primeira vez, incluía todos os planetas.

O Renascimento na Geodesia

Dá-se o grande impulso na experimentação e instrumentação em Astronomia:

Tycho Brahe (1546-1601), segue o trabalho de Copérnico

Galileo (1564-1642), inventa a luneta, precursora do telescópio

Kepler (1571-1630), desenvolve a Mecânica Celeste

Stevin (1548-1620), desenvolve novas ideias sobre a gravidade e a mecânica celeste

Snell (1591-1626), realizou a primeira triangulação rigorosa (Frisius tinha apresentado o método da triangulação cerca de um século antes), e efectuou o primeiro estudo rigoroso da refracção (as chamadas leis de Snell)

O Renascimento na Geodesia

Picard, em 1670, fez a primeira medição moderna do tamanho da Terra, assente nas experiências de **Borelli** (1608-1679) e do inglês **Horrox** (1619-1641).

O resultado de 6275 km que obteve para o raio da Terra constituiu a primeira melhoria em relação ao valor obtido por Eratóstenes, 19 séculos antes da Teoria da gravitação de **Newton** (1666)

As ferramentas matemáticas necessárias tinham sido preparadas por **Descartes** (1596-1650), **Leibnitz** (1646-1716) e pelo próprio Newton.

O Renascimento na Geodesia

Em 1665, o dinamarquês **Huygens** patenteou o primeiro relógio de pêndulo, aumentando consideravelmente a precisão na medição do tempo (outras contribuições: lei da força centrífuga, teoria ondulatória da luz).

Bradley (1693-1762), descobre a nutação

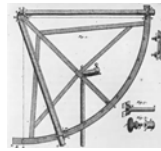
Newton e **Cassini** (1625-1712) mantêm um diferendo sobre o achatamento da Terra: achatada ou alongada?

Instala-se um conflito científico entre Cartesianos (franceses) e Newtonianos (ingleses), que levou ao exílio de Voltaire.

O Renascimento na Geodesia

Godin em 1733, propõe à *Academia Francesa das Ciências* uma experiência para resolver a questão, duas expedições uma junto do equador e outra do pólo norte.

Bouguer, Godin e Condamine partem em 1734 para Peru, iniciam a primeira grande expedição científica, e em 1735 começam a triangulação em Quito com a medição da base geodésica à vara (precisão de 10cm em cerca 11290m).



Introdução à Geodesia – História da Geodesia

FCUL-EG

O Renascimento na Geodesia

Maupertuis partiu em 1736 para a expedição da Lapónia e regressa um ano depois com os seus resultados, um arco de meridiano media 477 *toises* a mais que o arco medido em Paris (57 437 *toises*)

La Condamine e Bouguer só em 1743 concluem os seus cálculos no Peru, 1° de meridiano media 56749 *toises* (101,607 km): **A Terra era achatada nos Pólos**

Bouguer é o primeiro a medir a densidade da Terra usando as medições do desvio da vertical causado pela atracção das montanhas, e publica "*La Figure de la terre*" em 1749.



Introdução à Geodesia – História da Geodesia

FCUL-EG

O Renascimento na Geodesia

No século XVIII o “**problema da longitude**” era o mais premente dilema científico da Europa;

Galileu e Newton sempre haviam procurado uma resposta nos céus, pela observação de eclipses;

Galileu propõe o método dos Eclipses das Luas de Júpiter, o que levou à elaboração das Tabelas de Cassini das Luas de Júpiter

Em 1714 o Parlamento Britânico criou um incentivo , o “*Longitude Act*”, prometendo um prémio de 20 000 £

Harrison, contrariando as autoridades científicas, criou uma solução mecânica – um relógio de corda que mantinha a hora exacta em qualquer lugar.

O Renascimento na Geodesia

Delembre e Méchain em 1792, mandatados pela *Comissão de Pesos e Medidas* e em plena Revolução Francesa, partem na missão de medir o comprimento de meridiano entre Dunquerque e Barcelona, para definir o novo padrão universal: **O Metro**

Clairaut (1713-1765), derivou uma relação simples entre a variação da gravidade ao longo de um meridiano e o achatamento da Terra (como um subproduto da sua teoria dos corpos fluidos em rotação).

As suas medições forneceram a **primeira definição de metro**: *a décima milionésima parte do quadrante de um meridiano terrestre (1/40.000.000 do meridiano).*

HISTORIA da GEODESIA

- Geodesia na Antiguidade
- Idade Média na Geodesia
- O Renascimento na Geodesia
- A era Moderna na Geodesia

A era Moderna da Geodesia

As redes de triangulação, redes de pontos determinadas a partir da medição de ângulos e de algumas distâncias, começaram a surgir em todas as partes da Europa, no apoio à cartografia de vários tipos.

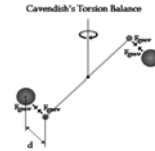
Os instrumentos necessários para efectuar essa triangulação (teodolitos e aparelhos para a medição de linhas de base - fiós e réguas) tornaram-se mais precisos, mais fáceis de usar e mais portáteis.

As técnicas de medição de ângulos e desníveis foram bastante aperfeiçoadas durante os últimos 2 séculos.

A era Moderna da Geodesia

Gauss (1777-1855), o maior matemático do início do século XIX:

- inventou o **heliótopo**, um aparelho que usa raios solares reflectidos para a sinalização de pontos geodésicos
- mediu uma rede geodésica no Reino de Hannover
- desenvolveu vários teoremas sobre o campo gravítico



O primeiro mapa satisfatório das partes britânica e francesa da América do Norte ficou disponível em 1755

Em 1798, o inglês **Cavendish** - usando a balança de torção de Michell - teve sucesso ao «**pesar a Terra**» através da determinação da constante universal (G).

A era Moderna da Geodesia

Laplace (1749-1827) lançou as fundações para a moderna teoria da **Mecânica Celeste** e para a teoria das marés

O astrónomo alemão **Bessel** (1784-1846) fez a **primeira determinação precisa do achatamento da Terra**, a partir de posições geodésicas conhecidas.

Gauss definiu **o geóide** (a figura física da Terra) e inventou o método dos **mínimos quadrados** (em simultâneo com Legendre)

A era Moderna da Geodesia

Final do século XVIII e todo o século XIX, dão-se grandes avanços na Matemática com:

- **Euler** (1707-1783): mecânica dos corpos físicos;
- **Lagrange** (1736-1813): criador da mecânica analítica e introdutor do sistema métrico em França;
- **Fourier** (1768-1830): trabalho sobre teoria do potencial;
- **Gauss e Riemann** (1826-1866): Geometria diferencial;
- **Hamilton** (1805-1865): Mecânica analítica.

Nas ciências afins à Geodesia

Nos finais do séc. XVIII e durante todo o séc. XIX:

Geofísica: começou com a teoria da evolução da superfície da Terra, apresentada pelo geólogo **Hutton** (1726-1797); o alemão **Humboldt** (1769-1859) estudou vários aspectos físicos da Terra; e o geofísico e meteorologista alemão **Wegener** (1880-1930) apresentou a teoria da deriva dos continentes (ou tectónica de placas).

A altitude da montanha **Chimborazo**, na América do Sul, foi determinada por Humboldt (sec. XVIII) e permaneceu a mais alta conhecida até que, em 1849, foi medida a altitude do Monte Evereste (nos Himalaias)

Nas ciências afins à Geodesia

Oceanografia progrediu desde as primeiras sondagens efectuadas pelo explorador inglês **Cook** (1726-1779), passando pela cartografia do fundo do mar e pelo estudo das correntes efectuado pelo oceanógrafo americano **Maury** (1803-1867), até às observações feitas através de submergíveis do explorador suíço **Piccard** (1884-1962).

Física: A propagação de ondas electromagnéticas foi descrita, teoricamente, pelo físico escocês **Maxwell** (1831-1879), e a sua velocidade foi **medida** pelo francês **Fizeau** (1819-1896) pela primeira vez em laboratório.

A era Moderna da Geodesia

Meados séc. XIX

- Primeiras medidas de desvios da vertical
- Primeiras tentativas de dois físicos, **Airy** e **Pratt**, para quantificar a isostasia
- A aplicação de ondas electromagnéticas à medição de longas distâncias foi realizada pelo germano-americano **Michelson** (1852-1931), que foi o primeiro a determinar uma distância geodésica com uma precisão melhor que 1ppm (uma parte por milhão - 10^{-6}).

A era Moderna da Geodesia

- **Coriolis** (1792-1843), estudou a aceleração total de corpos que se movem à superfície da Terra
- **Foucault** demonstrou que a Terra está a rodopiar e inventou o giroscópio, mais tarde adaptado a uma giro-bússola por **Sperry** (1860-1930)
- Em 1880, **Helmert** escreveu "Teoria matemática e física da Geodesia", resume todas as contribuições dadas.
- Em 1883, o físico inglês **Stokes** publicou a solução para o problema geodésico do valor de fronteira, em forma não aproximada (integral de Stokes – solução do geóide).

A era Moderna da Geodesia

- O escocês **Kelvin** (1824-1907), o inglês **Darwin** (1845-1912) e **Poincaré** (1854-1912) desenvolveram a teoria das marés terrestres
- O astrónomo canadiano **Newcomb** (1835-1909) estudou a oscilação do eixo de rotação da Terra (nutação).

Início do século XX

- Teoria do espaço-tempo de **Minkowski**
- Teoria estrita e geral da relatividade de **Einstein** (generalizando a teoria de Newton)

A era Moderna da Geodesia

Primeira metade do século XX

- **Eötvös** estudou os gradientes da gravidade
- **Vening Meinesz** melhorou significativamente a teoria da isostasia.
- **Jeffreys** introduziu o conceito de teluróide (termo atribuído a Hirvonen) e inicia um novo desenvolvimento da Geodesia, que culmina na mais rigorosa solução do problema geodésico do valor de fronteira apresentada pelo físico russo **Molodenski**.
- Teoria do campo gravítico normal da Terra é apresentada por **Pizzeti e Somigliana**

Introdução à Geodesia – História da Geodesia

FCUL-EG

A era Moderna da Geodesia

Segunda metade do século XX

Grandes avanços tecnológicos:

- Invenção de um sistema de "radar" (radio detection and ranging system)
- Aparecimento dos primeiros computadores electrónicos utilizáveis em termos práticos
- Invenção de aparelhos electromagnéticos (medidores de distâncias ou distanciómetros) com suficiente precisão, tornados comercialmente disponíveis para a utilização em Geodesia.

Estes instrumentos, que primeiro usaram luz polarizada, em seguida ondas-rádio e finalmente "lasers", vieram modificar a maneira de encarar o posicionamento geodésico.

Primeiras experiências em rádio-astronomia, que culminaram na descoberta dos "pulsares" e dos "quasares" (quasi-estrelas).

Introdução à Geodesia – História da Geodesia

FCUL-EG

A era Moderna da Geodesia

Lançamento dos primeiros satélites artificiais da Terra:

- Permitted utilizar objectos extraterrestres, passivos ou activos, para o **posicionamento preciso** de pontos na Terra cuja intervisibilidade deixa de ser uma imposição.
- A baixa altitude dos satélites permitiu estudar a geometria do campo gravítico da Terra, através de observações da resposta directa (movimento) do satélite a esse campo.
- Trouxeram também um novo projecto à Geodesia: o mapeamento do campo gravítico, no exterior da Terra, para **projectar e prever a órbita dos satélites**.

A era Moderna da Geodesia

- **Navegação inercial e sistemas de posicionamento.**
- **Desenvolvimento espectacular da microelectrónica.**
- Outras disciplinas (Geofísica, Geologia, Ciência do Espaço, Astronomia, Oceanografia) começaram a interessar-se pelas técnicas geodésicas, bem como pelos seus resultados, para estudar os fenómenos relacionados com os seus próprios domínios científicos.

"O ruído para uns constitui um sinal para outros ..."

A era Moderna da Geodesia

A partir da década de 1970

- Hipótese da tectónica de placas ganhou finalmente aceitação quase universal – passou a ser mensurável com o VLBI, SLR e o GPS.
- Em 1984 o BIH (*Bureau International de l'Heure*), instituição então responsável pela determinação do movimento do Pólo e da variação da rotação da Terra, abandona definitivamente a Astronomia de Posição como método de observação geodésica.

A era Moderna da Geodesia

A partir da década de 1970

- O sucesso da aplicação da Geodesia às investigações tectónicas levou a outras aplicações das técnicas geodésicas em diferentes ramos da Geodinâmica.
- A conquista do ambiente marinho (exploração dos seus recursos no fundo do mar), apresentou uma nova tarefa aos geodestas: o posicionamento com precisão de objectos, estáticos ou em movimento, nos mares (posicionamento cinemático).
- Nasce o sistema GNSS e as redes de estações permanentes de apoio ao posicionamento geodésico em tempo real (RTK).