



Manuela Vasconcelos
(mvasconcelos@dgterritorio.pt)

Lisboa, 25 de Maio de 2017

Sistemas de Georreferenciação “Clássicos”

- **Continente:**
 - Datum Lisboa
 - Datum 73
 - ED50
- **Arquipélago dos Açores:**
 - Datum S. Braz (S. Miguel): Grupo Oriental
 - Datum Base SW (Graciosa): Grupo Central
 - Datum Observatório (Flores): Grupo Ocidental
- **Arquipélago da Madeira:**
 - Datum SE (Porto Santo)

Sistemas de Georreferenciação “Clássicos”

- Sistemas Locais
- *Data* definidos através de Astronomia
- Observações Angulares e Lineares
- Redes Geodésicas
- Estáticos
- Formulação Matemática da Terra

“Novos” Sistemas de Georreferenciação

- Continente:
 - PT-TM06/ETRS89
- Arquipélago dos Açores:
 - PT-RA08-UTM/ITRF93
- Arquipélago da Madeira:
 - PT-RA08-UTM/ITRF93

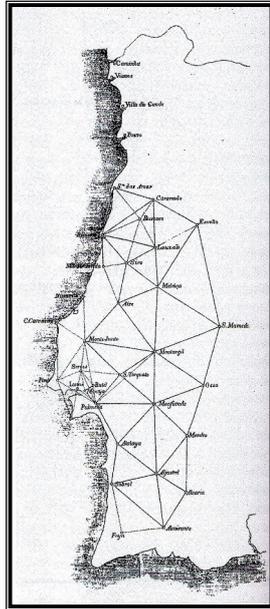
“Novos” Sistemas de Georreferenciação

- **Sistemas Globais ou Regionais**
- **Observações Espaciais**
- **Dinâmicos**
- **Terra Matemática e Física**
- **Maior Rigor**

Vantagens dos Sistemas Globais

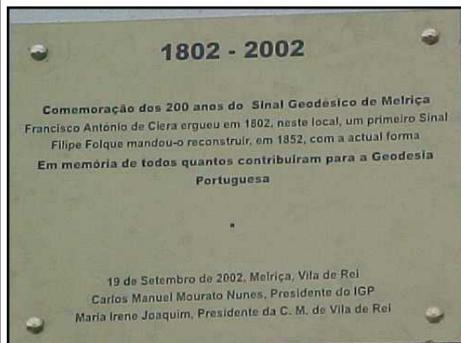
- **Compatibilidade com o Posicionamento por Satélite (GPS, GLONASS, Galileo...)**
 - Deixa de ser necessário efectuar a transformação das observações de campo
 - Portugal, bem como a maioria dos países europeus, já dispõe de Estações de Referência que difundem correcções diferenciais nestes sistemas
- **Disponibilização e Interoperabilidade de Informação Geo-espacial a nível Europeu**
 - INSPIRE, Projectos da Comissão Europeia, EuroGeographics, ...

Primeiros Trabalhos Geodésicos em Portugal



Triângulos Principais - 1803

A Rede Geodésica



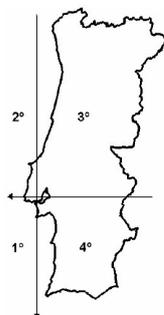
Primeiros Trabalhos Geodésicos em Portugal



Medição da Base Central - 1890

Primeiros Sistemas usados no Continente

- Primeiros cálculos de coordenadas cartográficas efectuados no segundo quartel do século XIX:
 - Origem: Castelo de S. Jorge
 - Representação plana de Cassini



Sistema Puissant-Bonne (1850):

- Datum: Castelo de S. Jorge
- Elipsóide: Puissant (1830)
 $a = 6377858,4m$; $f = 1/303$
- Projecção de Bonne
- Origem da Projecção: Castelo de S. Jorge
- Primeira carta de Portugal à escala 1:100 000, elaborada entre 1853 e 1904 (37 folhas)

Bessel-Bonne Datum Lisboa

Final do século XIX

Origem: Castelo de S. Jorge – com Novas Coordenadas Astronómicas

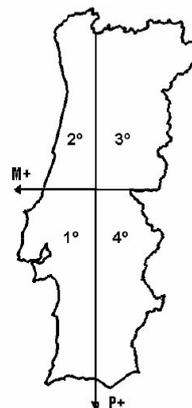
Elipsóide: Bessel (1841):

$a = 6377397,155\text{m}$; $f = 1/299.1528$

Projecção de Bonne

Origem da Projecção: Ponto Central:

$39^{\circ}40'N$; $08^{\circ}07'54,862''W$



Hayford-Gauss Datum Lisboa

➤ Sistema de Referência Local

➤ Origem: Castelo de S. Jorge

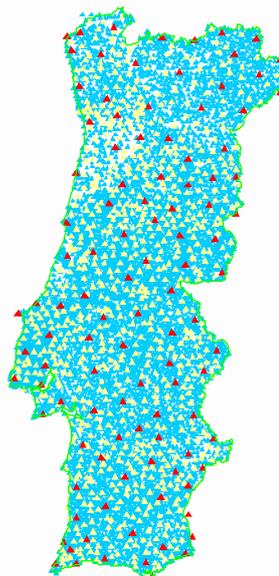
➤ Observações: 1863-1888 por métodos clássicos

➤ Elipsóide: Hayford (1909), ou Internacional (1924):

$a = 6378388\text{m}$; $f = 1/297$

➤ Cálculo da Rede Geodésica:

- Triangulação Fundamental
- Restante 1.ª ordem
- Restante rede (séc. XX)

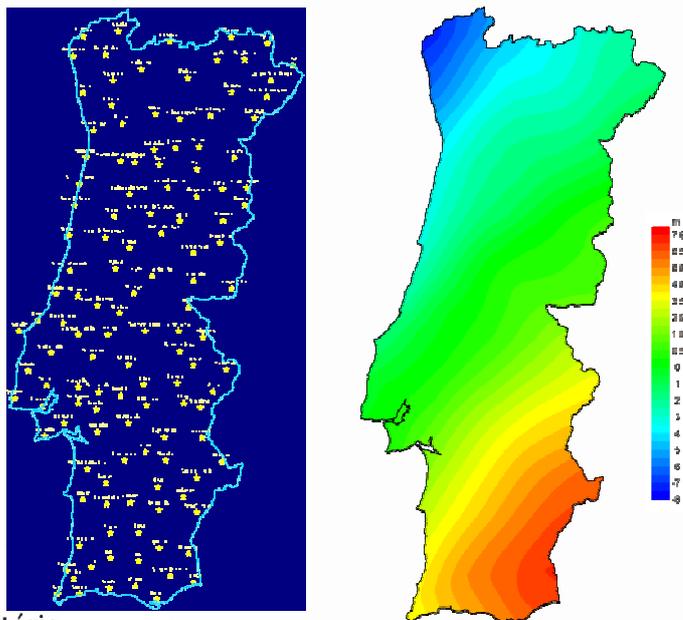


Hayford-Gauss Datum Lisboa

➤ Sistema de Projecção associado (escalas grandes):

- Projecção cartográfica: Gauss-Krüger
- Origem das coordenadas rectangulares:
 $\varphi_0 = 39^\circ 40' 00''$ N
 $\lambda_0 = 08^\circ 07' 54,862''$ W
- Coeficiente de redução de escala no meridiano central: 1,0
- Na cartografia militar, tem-se uma falsa origem das coordenadas rectangulares:
M = + 200 km; P = + 300 km (ponto fictício)

Modelo Astro-geodésico do Geóide – Hayford/Datum Lx

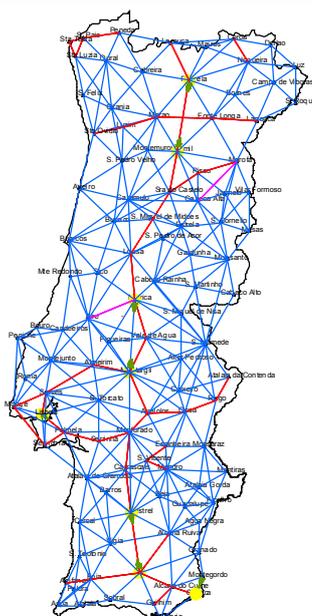


Datum 73

- Sistema de Referência Local
- Origem: Melriça TF4
- Observações: década de 1960, por métodos clássicos
- Elipsóide: Hayford
- Cálculo da Rede Geodésica:
 - 1.ª ordem: num só bloco, pelo método de variação de coordenadas
 - 2.ª ordem: em diversos blocos, fixando as coordenadas da 1.ª ordem
 - 3.ª ordem: em diversos blocos, fixando as coordenadas da 1.ª e 2.ª ordens

Datum 73

**Rede
Primordial
Datum 73**



Datum 73

➤ Sistema de Projecção associado (escalas grandes):

- Projecção cartográfica: Gauss-Krüger

- Origem das coordenadas rectangulares:

$$\varphi_0 = 39^\circ 40' 00'' \text{ N}$$

$$\lambda_0 = 08^\circ 07' 54,862'' \text{ W}$$

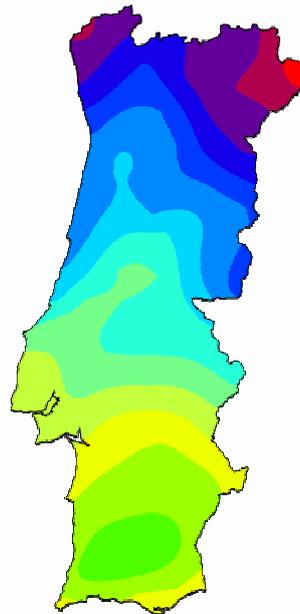
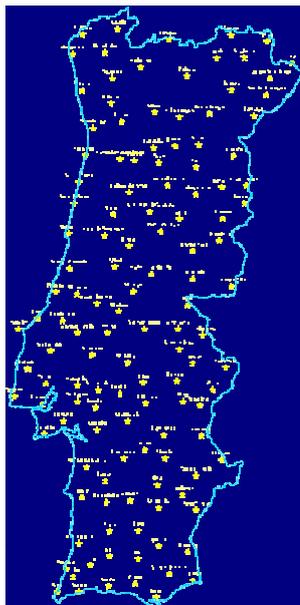
- Falsa origem das coordenadas rectangulares:

em M = + 180,598 m

em P = - 86,990 m

- Coeficiente de redução de escala no meridiano central: 1,0

Modelo Astro-geodésico do Geóide – Hayford/Datum 73

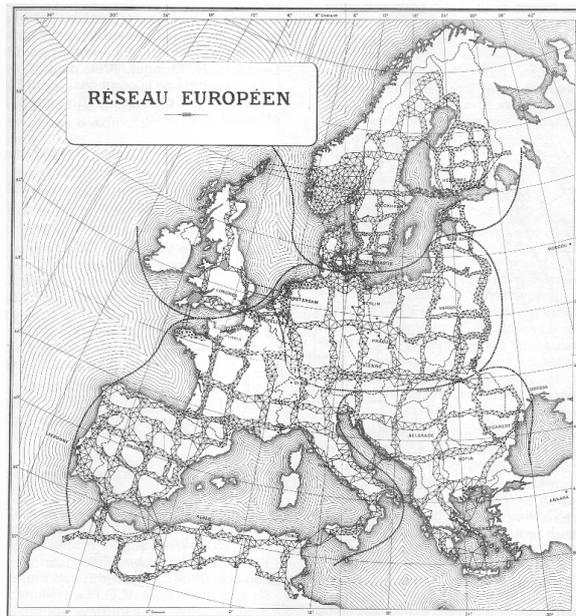


Diferenças HGD73 - HGDLx



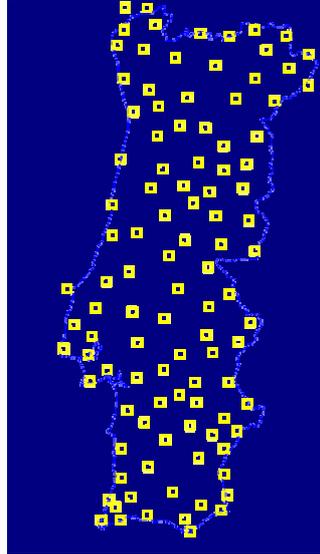
Diferenças HGD73-HGDLx			
	M (m)	P (m)	vector (m)
média	0.08	0.05	2.75
desvio padrão	2.37	1.90	1.27
máximo	5.19	3.45	6.72
mínimo	-4.45	-4.77	0.49

ED50 – European Datum 1950

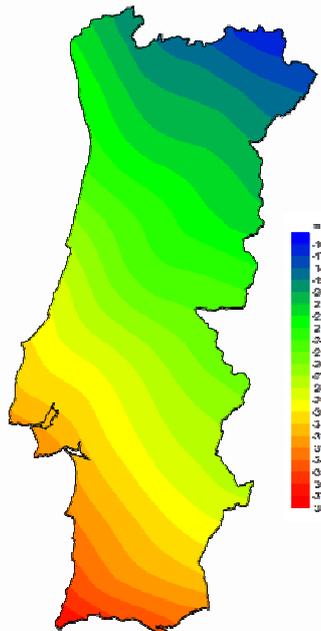


ED50 – European Datum 1950

- Sistema de Referência Regional
- Origem das Coordenadas Geodésicas: Potsdam
- Realizado através da compensação das redes primordiais dos diversos países europeus
- Projecção: UTM (*Universal Transverse Mercator*)
- Falsa origem das coordenadas rectangulares:
 - em E (Easting): 500 000 m;
 - em N (Northing): 0 m



Modelo Astro-geodésico do Geóide – ED50



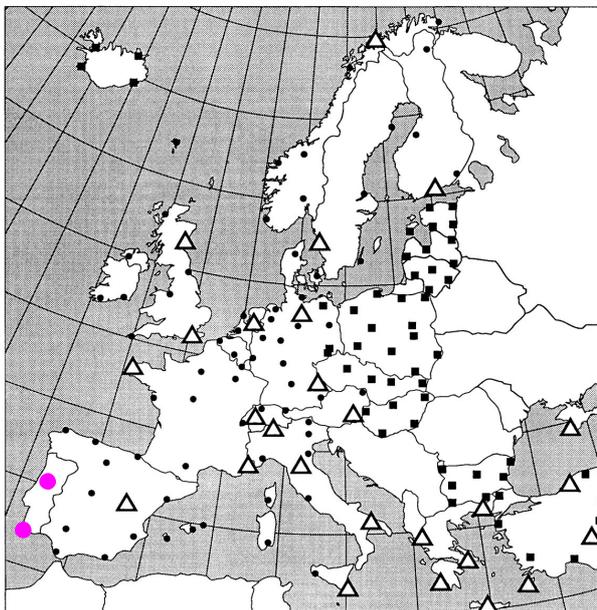
Campanhas Europeias



EUREF 1989

Portugal participou na primeira campanha GPS europeia promovida pela EUREF

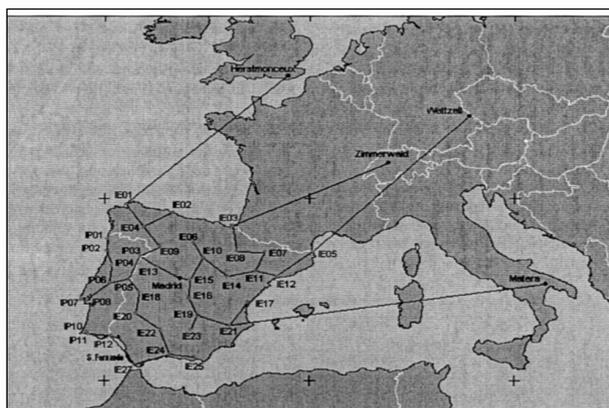
2 pontos estacionados



mvasconcelos@daterritorio.pt

25

IBERIA 95



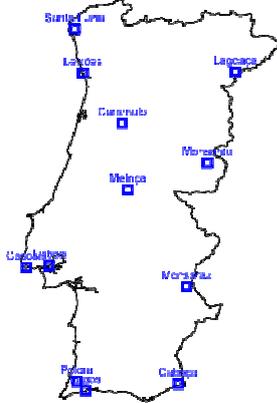
- 5 dias consecutivos
- 12 horas de observação
- 39 Estações



mvasconcelos@daterritorio.pt

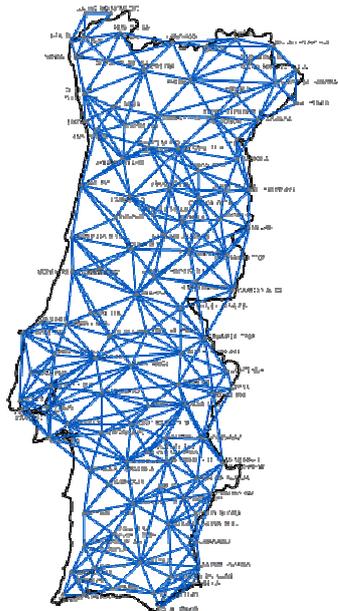
26

IBERIA 95



- 39 Estações: 12 em Portugal & 27 em Espanha
- Cálculo com Bernese v.4
- Solução final submetida ao Grupo Técnico da EUREF
- Resultados aprovados no Simpósio de 1998
- Classificada como Tipo B -> precisão de 1cm à época de observação

Continente - Rede Geodésica de 1.ª Ordem



Observações:

- 1997 a 1999
- 119 VG
- Sessões de 4 horas
- Registo: 15 segundos
- Máscara: 10°
- 5 VG por sessão
- 1 base comum a cada 2 sessões

Ajustamento da Rede:

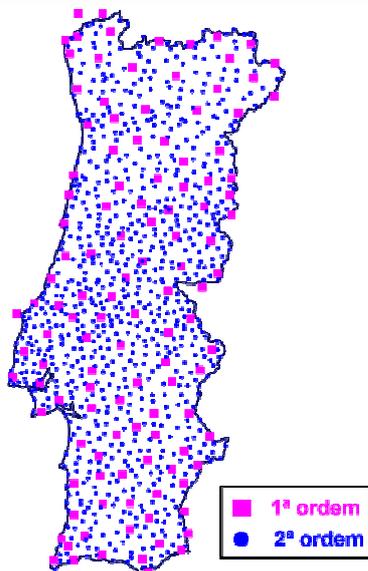
Constrangido à solução IBERIA95

Precisão Média das Coordenadas:

Planimétrica: 2 cm

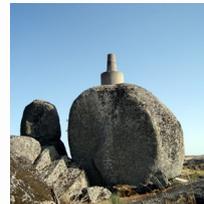
Altimétrica: 3 cm

Continente - Rede Geodésica de 2.ª Ordem



Observações:

- 1999 a 2004
- 833 VG
- Sessões de 2 horas
- Registo: 15 segundos
- Máscara: 10°
- 4 VG por sessão: 2 de 2.ª ordem e 2 de 1.ª ordem



Ajustamento da Rede:

Constrangido à solução da 1.ª ordem

Precisão Média das Coordenadas:

Planimétrica: 4 cm

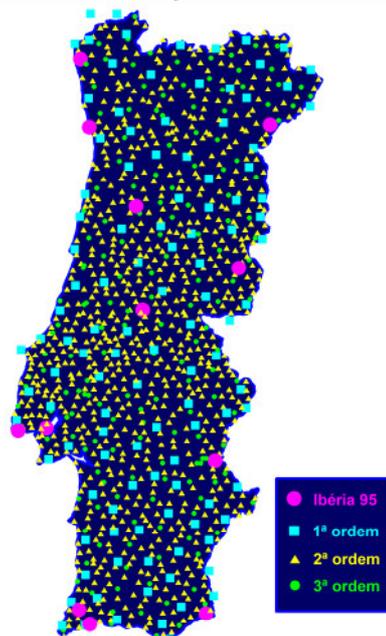
Altimétrica: 6 cm

Continente - Sistema PT-TM06 / ETRS89

- Elipsóide: GRS80
 - $a = 6378137\text{m}$;
 - $f = 1/298,257222101$
- Realização: Coordenadas de mais de 1100 VG

Projecção Cartográfica:

- Transversa de Mercator
- Origem das coordenadas rectangulares: $39^{\circ}40'05'',73\text{N}$; $08^{\circ}07'59'',19\text{W}$
- Falsa origem das coordenadas rectangulares: Não tem
- Coeficiente de redução de escala no meridiano central: 1,0

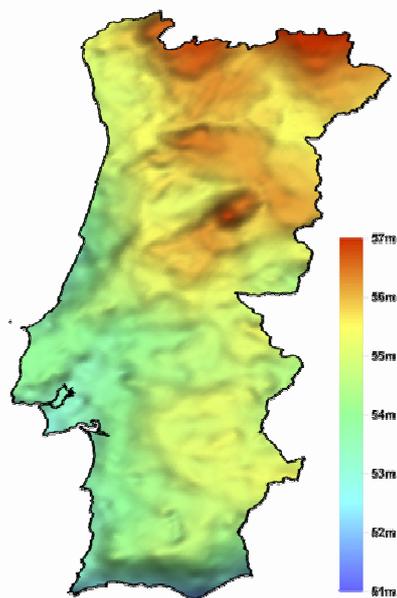


Modelo do Geóide – GeodPT08



O modelo **GeodPT08** foi construído com base no modelo de geóide gravimétrico ICAGM07 (Iberia-Canarias-Azores Geoid Model 2007) por ajuste às redes geodésica e de nivelamento do continente.

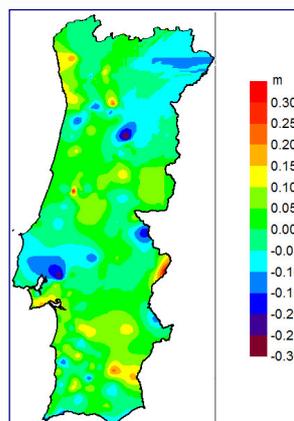
Neste ajuste foram utilizadas 137 marcas de nivelamento e 1020 vértices geodésicos.



GeodPT08 – Avaliação da Qualidade Observações GNSS em Vértices Geodésicos



Diferenças H (m)	
máximo	0.334
média	0.009
mínimo	-0.317
e.m.q.	0.086

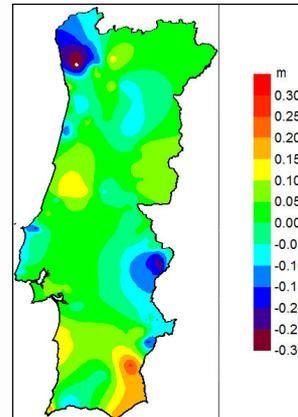


GeodPT08 – Avaliação da Qualidade

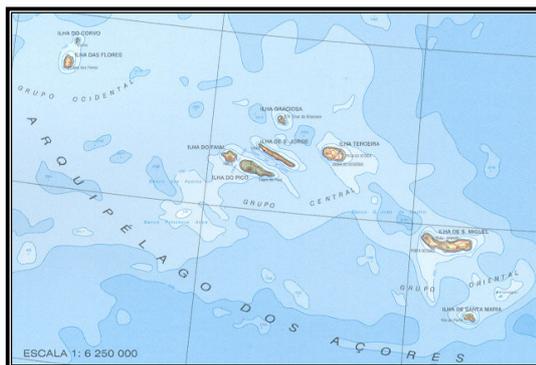
Observações GNSS em Marcas de Nivelamento



Diferenças H (m)	
máximo	0.268
média	0.004
mínimo	-0.321
e.m.q.	0.092



Adopção do ITRF nas Regiões Autónomas



- 1994: S. Miguel e Madeira
- 2005: Flores e Corvo

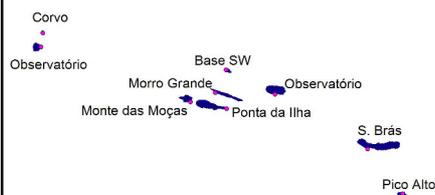


- Observação com GPS das Redes Geodésicas das Ilhas
- Estabelecimento de um Referencial Geocêntrico nos Arquipélagos

Adopção do ITRF nas Regiões Autónomas

- A revisão das redes dos arquipélagos teve por base campanhas de observação GPS, realizadas nas várias ilhas, em diferentes períodos.
- Para além das técnicas de observação espacial, foram também utilizadas técnicas clássicas, nomeadamente observações de direcção azimutal e de distância zenital.
- A ligação das redes geodésicas ao ITRF93 (*International Terrestrial Reference Frame 1993*) foi efectuada com base na solução V. Mendes da campanha internacional TANGO (*TransAtlantic Network for Geodynamics and Oceanography*) 1994.

Regiões Autónomas – Campanha TANGO 1994



Observado 1 ponto em cada ilha

Adoptada a solução V. Mendes

Estação Astronómica
Forte de S. Tiago

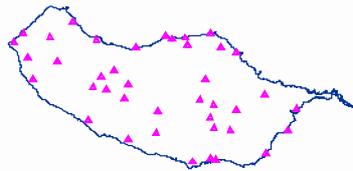
ITRF93 (*International Terrestrial Reference Frame 1993*)

Estabelecimento do ITRS nas Regiões Autónomas

Arquipélago da Madeira

Observações:

- 1994, 1995 e 2004
- 38 VG na ilha da Madeira
- 20 VG na ilha do Porto Santo



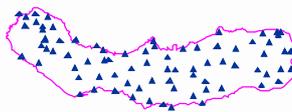
Ajustamento da Rede:

Fixando os VG observados na campanha internacional TANGO 1994



Estabelecimento do ITRS nas Regiões Autónomas

Arquipélago dos Açores – Grupo Oriental



Observações:

- entre 1995 e 1997
- 32 VG na ilha de Santa Maria
- 79 VG na ilha de S. Miguel

Ajustamento da Rede:

Fixando os VG observados na campanha internacional TANGO 1994

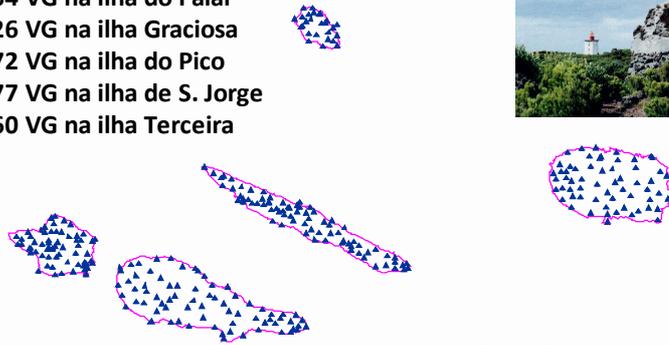


Estabelecimento do ITRS nas Regiões Autónomas

Arquipélago dos Açores – Grupo Central

Observações:

- entre 1995 e 1997
- 64 VG na ilha do Faial
- 26 VG na ilha Graciosa
- 72 VG na ilha do Pico
- 77 VG na ilha de S. Jorge
- 60 VG na ilha Terceira



Ajustamento da Rede:

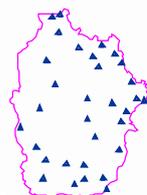
Fixando os VG observados na campanha internacional TANGO 1994

Estabelecimento do ITRS nas Regiões Autónomas

Arquipélago dos Açores – Grupo Ocidental

Observações:

- 2005
- 6 VG na ilha do Corvo
- 33 VG na ilha das Flores



Ajustamento da Rede:

Fixando os VG observados na campanha internacional TANGO 1994

Sistema PTRO8-UTM / ITRF93

- Datum: ITRF93
- Elipsóide: GRS80 ($a = 6378137\text{m}$;
 $f = 1/298,257222101$)
- Realização: Coordenadas de cerca de 450 VG



Precisão das Coordenadas:

Planimétrica: 1-4 cm

Altimétrica: 2-6 cm

Sistema PTRO8-UTM / ITRF93

Projeção Cartográfica:

- UTM (Universal Transverse Mercator)
- Latitude da origem das coordenadas rectangulares: 0°
- Longitude da origem das coordenadas rectangulares:
 - 33°W (fuso 25): Grupo Ocidental dos Açores
 - 27°W (fuso 26): Grupos Oriental e Central dos Açores
 - 15°W (fuso 28): Arquipélago da Madeira
- Falsa origem das coordenadas rectangulares:
 - em Easting: 500 000 m
 - em Northing: 0 m



ReNEP – Rede Nacional de Estações Permanentes GNSS

ReNEP

- DGT
- Parceiros

mvasconcelos@dterritorio.pt

43

ReNEP – Breve Historial

- 1997: Primeira Estação Permanente (EP) GPS instalada em Cascais, nas imediações do Marégrafo
- 2000 a 2006: Instalação de mais 7 EP

▪ **Funcionamento:**

- Pós-processamento
- Ficheiros diários a 30s

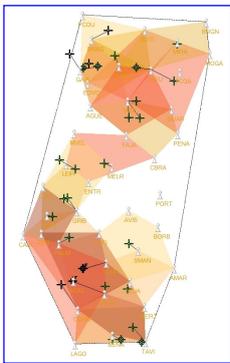
▪ **Objectivos:**

- Manutenção do Referencial Geodésico
- Apoio a trabalhos de posicionamento

mvasconcelos@dterritorio.pt

44

ReNEP – Produtos



- **Pós-processamento:**
 - Ficheiros horários a 5s
 - Outras taxas de recolha a pedido
 - Formato RINEX 2.11
 - Estações EPN & IGS: ficheiros horários e diários a 30s
- **Tempo Real:**
 - Base única
 - Estação mais próxima
 - Rede
 - Mensagens RTCM 3.1 (e 2.3)

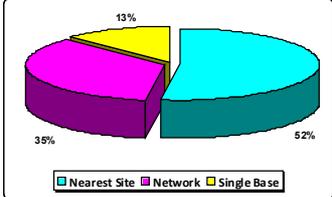

mvasconcelos@dgterritorio.pt
47

ReNEP – Utilizadores

- Mais de 2100 utilizadores registados para os serviços RTK
- Mais de 40 000 ligações mensais ao servidor



Sector	Percentage
Sector Privado	54%
Particular	29%
Sector Público	12%
Investigação	5%

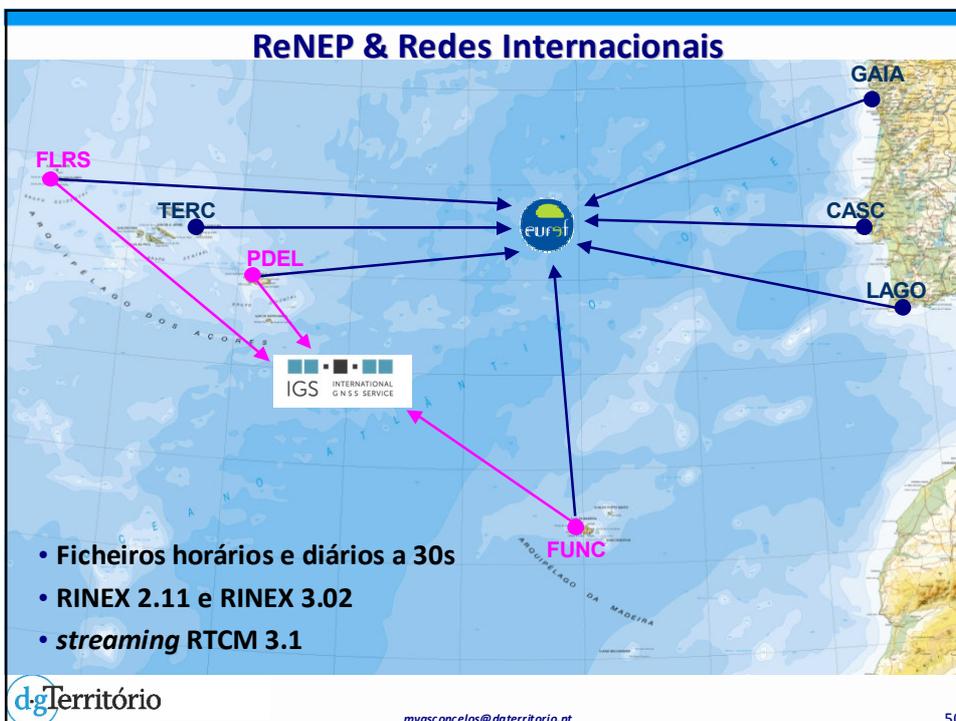
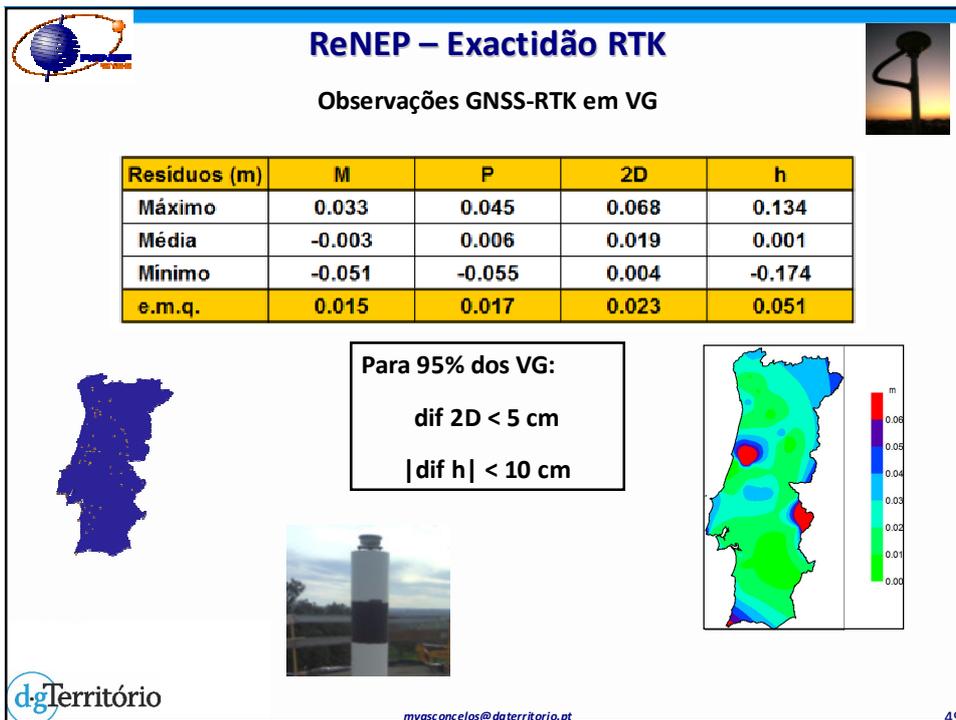


Service	Percentage
Nearest Site	52%
Network	35%
Single Base	13%






mvasconcelos@dgterritorio.pt
48



ReNEP & Redes Internacionais



IGS
INTERNATIONAL
GNSS SERVICE



Google

FLRS Station Information - Site Page

SiteID	Country	Station Log	DONES Number	Constellation	Data Center	Receiver	Antenna	Calibration	Clock	Collocation
FLRS	Portugal	flrs_20161227.log	31907M001	GPS GLONASS	BKG	LEICA GRX1200GGPRO	LEIAT504GG + NONE	ROBOT	INTERNAL	None



FLRS Quality



mvasconcelos@dgterritorio.pt

51

ReNEP & Redes Internacionais



GM7 2017 May 06 02:36:01



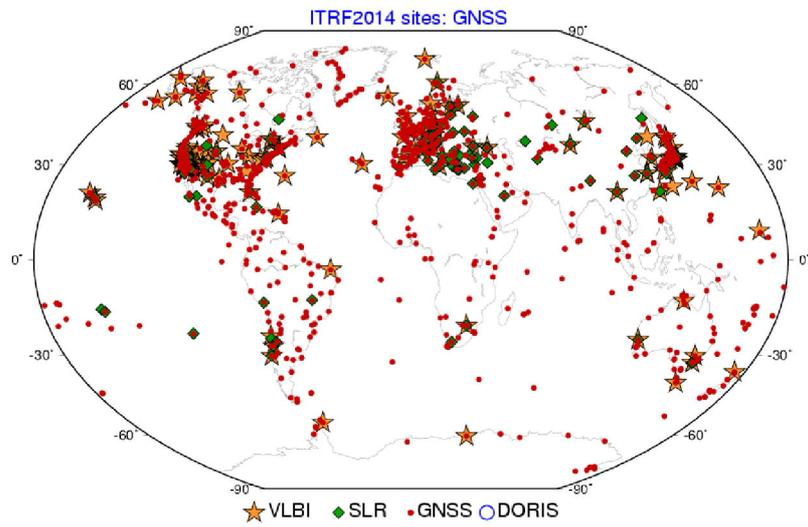
Station Configuration	Location	Pictures
Current station configuration: cas_20161228.log (current) * View CASCOBPP1 is operated by DGT and integrated in the IPRN since 20-09-1998. RECEIVER: LEICA GRX1200GGPRO ANTENNA: LEIAT504GG+ NONE SET TO TRACK: GPS+GLD INDIVIDUAL CALIBRATION: NO Data routinely analysed by BKG, IGS, IGS, IGS		
<p>Data Provided</p> <p>RINEX Data Quality</p> <p>Station-internal quality control</p> <p>Daily tracking performance</p> <p>Monthly snapshots of satellite tracking</p>		
<p>Position, Velocity & Time Series</p> <p>CASCOBPP1 (IGS) Station</p> <p>Last position valid from 03-09-2016 to 05-02-2016 (restarted at 04-09-2016)</p> <p>X = 401222.110 m Y = 626680.000 m Z = 85554.467 m W = 636693.000 m X = 368800.190 m Y = 636693.000 m</p> <p>EPN09 (IPRNC) position & velocity</p>		



mvasconcelos@dgterritorio.pt

Contribuição para o ITRF

ITRF2014 Network



[Altamimi, 2015]