

SISMICIDADE DE PORTUGAL CONTINENTAL

SEISMICITY OF PORTUGAL MAINLAND

Maria Luísa Senos, Fernando Carrilho

Divisão de Sismologia/ Instituto de Meteorologia
Rua C ao aeroporto
1749-077 Lisboa
Portugal
luísa.senos@meteo.pt
fernando.carrilho@meteo.pt

RESUMO

O território de Portugal continental encontra-se situado nas proximidades do contacto entre as placas Euroasiática e Africana, sendo a interacção entre elas a principal responsável por uma actividade sísmica significativa no território, localizado a norte da referida zona, com a ocorrência de sismos catastróficos originados em estruturas tectónicas continentais e submarinas. A sismicidade é monitorizada por uma rede sismográfica que sofreu várias evoluções ao longo do século. XX, tendo actualmente um limite de detectabilidade bastante baixo. A sismicidade recente localiza-se principalmente a sul do território, sendo possível evidenciar várias zonas de maior concentração epicentral. De uma forma geral, a qualidade das localizações hipocentrais em terra é superior às das localizações nas zonas submersas, evidenciando a necessidade da instalação de OBS permanentes. Apesar de alguns constrangimentos, a informação da sismicidade instrumental recente poderá ser utilizada em estudos vários que contribuirão para a avaliação da perigosidade sísmica na região.

ABSTRACT

Portugal mainland territory is located close to the border between the Eurasian and African plates, being the interaction between them the main responsible for a significant seismic activity in the area, with the occurrence of several catastrophic earthquakes originated on continental and submarine tectonic structures. A seismographic network that has been developed along the 20th century, having presently a very low detection threshold, monitors the seismicity. The recent seismicity is located mainly south of the territory, being possible to highlight several zones of epicentral concentration. Generically, the quality of the inland hipocentral locations is much superior to the ones at submerse areas, showing the need for permanent OBS stations. Even though some constrains, the information of the recent instrumental seismicity could be used in several studies that will contribute to the evaluation of the seismic hazard for the region.

1. INTRODUÇÃO

O território de Portugal continental encontra-se localizado próximo da fronteira de placas Eurásia-África, sendo a interacção entre elas a principal responsável por uma actividade sísmica significativa, particularmente na região sul, com a ocorrência de alguns sismos catastróficos originados em estruturas tectónicas continentais e submarinas.

A sismicidade nesta zona é monitorizada pela rede sismográfica nacional que sofreu várias evoluções ao longo do século XX. Além de um resumo dessa evolução, na secção 3 procede-se ainda a uma avaliação da capacidade de detecção da rede sismográfica actual, apresentando-se uma carta de detectabilidade mínima.

Na secção seguinte são apresentadas as zonas sismogénicas nas quais se geraram os principais sismos que afectaram o território ao longo dos últimos 2000 anos. Procede-se ainda à apresentação dos principais sismos históricos e à caracterização da sismicidade instrumental recente.

2. ENQUADRAMENTO TECTÓNICO

O território de Portugal continental localiza-se num ambiente tectónico responsável por uma significativa actividade neotectónica e sísmica (Cabral, 1993). A evolução geodinâmica regional é dominada por uma convergência lenta, cerca de 2 mm/ano, das placas euro-asiática e africana na direcção NNW-

SSE para NW-SE ao longo do segmento leste da fronteira de placas Açores Gibraltar (Figura 1).

De acordo com vários autores (McKenzie, 1972; Grimison & Chen, 1986), diferentes estudos de cinemática de placas e de mecanismos focais

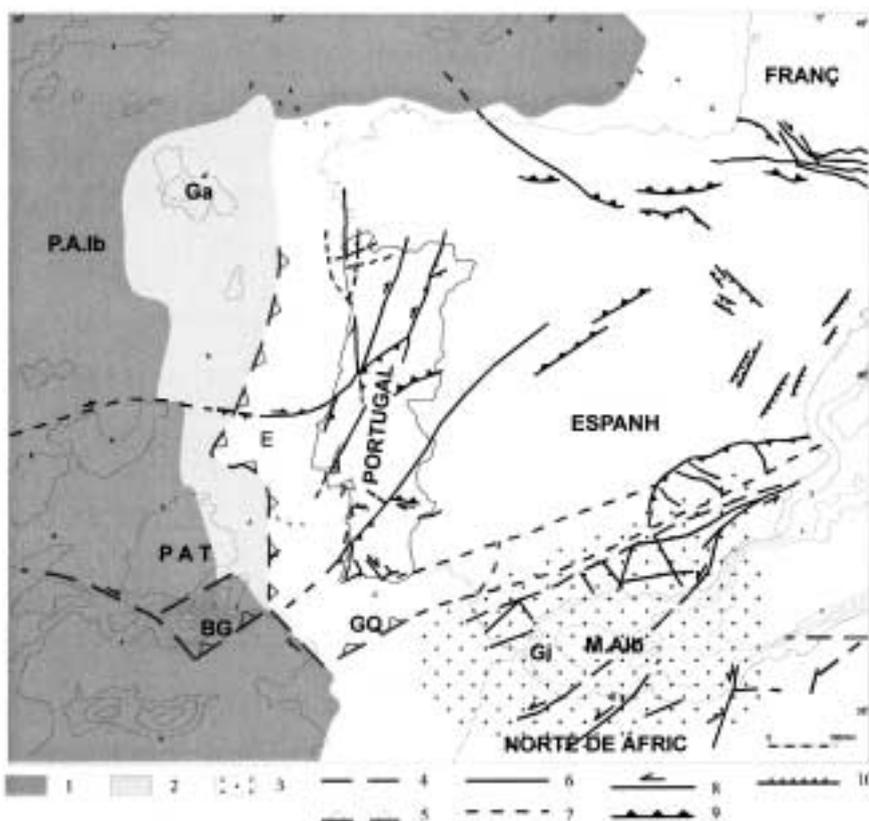


Figura 1. Ambiente tectónico do território de Portugal Continental (Cabral, 1995). M.Alb-Mar de Alboran; Gi-Gibraltar; GQ-Banco do Guadalquivir; BG- Banco de Goringe; PAT- Planície abissal do Tejo; P.A.Ib.- Planície abissal Ibérica; Ga- Banco da Galiza; 1- Crosta oceânica; 2-Crosta continental adelgada; 3- Limite de placas difuso (colisão continental); 4- limite entre as placas litosféricas Africana e Euroasiática; 5- subducção a sul do BG e do GQ, e subducção incipiente na margem continental oeste-ibérica 6- falha activa; 7- idem, traçado provável; 8- falha activa com componente de movimentação desligamento importante; 9- falha activa com componente de movimentação inversa; 10- falha activa com componente de movimentação normal.

demonstraram que a falha Açores-Gibraltar é caracterizada por comportamentos tectónicos distintos: nas zonas do Banco de Gorringe e do Golfo de Cádiz, o regime dominante é o de compressão, alterando-se para um regime de desligamento lateral direito puro na zona do segmento central da falha Açores-Gibraltar, adquirindo uma componente de extensão na extremidade Oeste (Argus *et al.*, 1989), perto do arquipélago dos Açores. Para leste, a fronteira de placas torna-se difusa com colisão continental na região do arco de Gibraltar (Cabral, 1993).

O contacto entre as placas euro-asiático e africana constitui a principal fonte de tensão que influencia a sismicidade no território de Portugal continental, localizado a norte da referida zona.

3. REDE SISMOGRÁFICA PORTUGUESA

A primeira estação sismográfica instalada no continente português foi a de Coimbra em 1903. Só depois da catástrofe de Benavente em 1909, é que foi instalada a estação de Lisboa, em 1910. Esta rede foi completada com a estação do Porto, em 1929 e, foram estas três estações que monitorizaram o continente até aos anos setenta. No início dos anos sessenta, a estação do Porto foi melhorada e integrada na rede global WWSSN.

Foi o sismo de 28 de Fevereiro de 1969 que “despertou” as autoridades pelo interesse pelos fenómenos sísmicos tendo sido identificada a necessidade de instalação de uma rede sismográfica mais completa. Essa tarefa foi confiada ao então Serviço Meteorológico Nacional, o qual procedeu à instalação de uma rede analógica constituída por nove estações localizadas de Trás-os-Montes ao Algarve (Figura 2). Esta rede complementou a já existente de três estações, passando assim a monitorização a ser feita através do conjunto das doze estações algumas de registo local e outras telemétricas, via rádio, enviando dados para estações centrais.

Esta rede, que esteve em funcionamento até meados dos anos noventa, não mostrou grande eficácia, quer pela menor qualidade da instrumentação utilizada (essencialmente pela baixa dinâmica dos sistemas de aquisição) quer pela grande dispersão das estações, verificando-se só ser possível localizar cerca de 20% dos eventos registados (Figura 3).

Numa tentativa de ultrapassar este problema na zona sul do país, onde se observa maior sismicidade, em 1996 foi instalada na região algarvia uma rede regional (Figura 2) constituída por sete estações de curto período (sensores de 1 Hz) e dinâmica de 72dB, todas telemétricas enviando dados via rádio para uma estação central localizada na Fóia, donde os dados são enviados para Lisboa via linha telefónica comutada, para serem processados. Esta rede foi

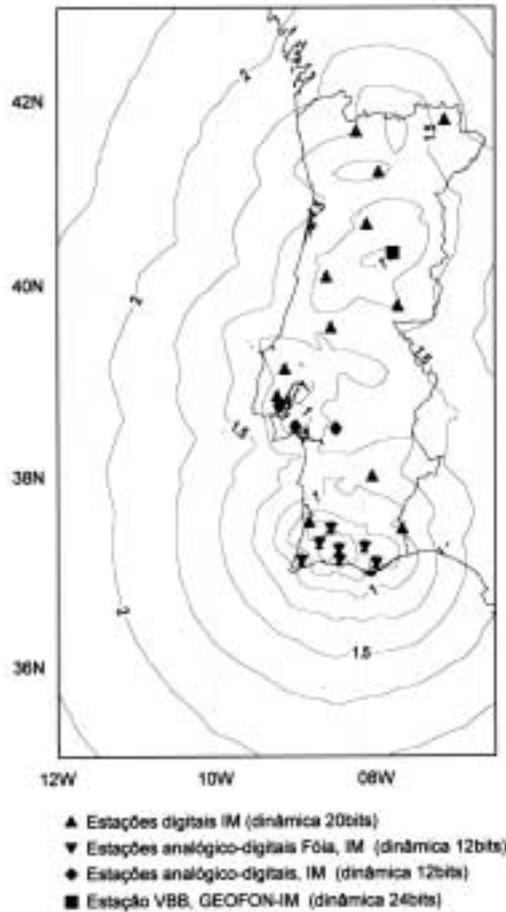


Figura 2. Detectabilidade da rede sismográfica do Instituto de Meteorologia (em 2000).

instalada no âmbito de um projecto internacional (Walker *et al.*, 1997) liderado pelo British Geological Survey, e permitiu a localização de muitos eventos com origem no sul do país e na orla costeira, mostrando a importância da densidade de estações sísmicas numa dada região, para a realização de estudos de sismicidade.

Durante os cerca de vinte anos em que funcionaram as redes analógicas, verificou-se uma permanente evolução tecnológica nos domínios da informática, das telecomunicações e da instrumentação das áreas científicas,

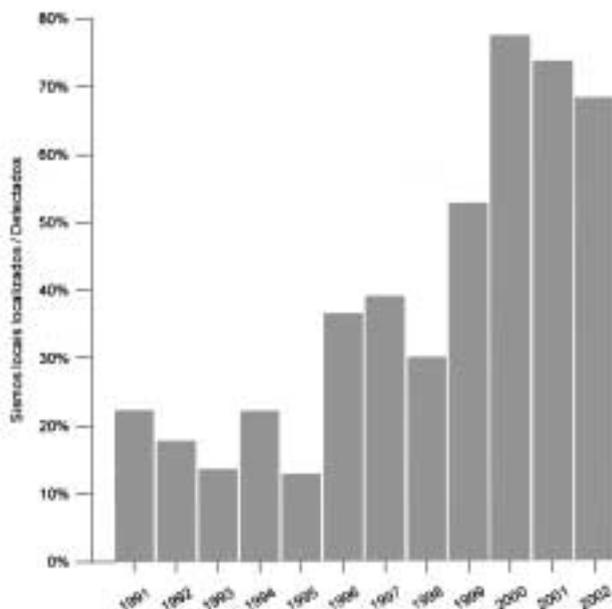


Figura 3. Relação entre os sismos próximos detectados e os localizados.

que permitiu melhorar significativamente a aquisição, a transmissão e o processamento dos dados, favorecendo o desenvolvimento dos sistemas operacionais.

Na área da Sismologia, esta evolução traduziu-se no desenvolvimento das estações sismográficas digitais. Em 1994, o Instituto de Meteorologia, consciente do seu principal objectivo nesta área e, como responsável único no país pela Vigilância Sismológica, decidiu adquirir duas redes digitais que foram instaladas em Portugal (Continente e arquipélagos da Madeira e dos Açores).

A primeira foi constituída por catorze estações, doze das quais localizadas de norte a sul do continente (Figura 2), complementando a informação recolhida pela rede analógica. Estas estações estão equipadas com sensores de curto período estendido (resposta plana à velocidade na banda 0.2 Hz – 40 Hz) e sistemas de aquisição com 120 dB de dinâmica, enviando dados através de linha telefónica comutada para o centro operacional de Lisboa. Em 1997, a estação de Manteigas foi integrada na rede GEOFON, tendo a sua instrumentação sido actualizada com um sensor verybroadband (STS-2) e com um sistema de aquisição com 144 dB de dinâmica.

Para proceder à monitorização sísmica do Continente, e após a desactivação de algumas estações analógicas e actualização de outras, o Instituto de Meteorologia conta assim com cerca de vinte e três estações sismográficas que se concentram de forma significativa no sul do país. Os dados provenientes destas estações são processados e arquivados no centro operacional do Instituto de Meteorologia, sendo disponibilizados através da publicação de um Boletim Sismológico Preliminar mensal (informação instrumental) e de um Anuário Sismológico (resumo da informação macrossísmica).

A capacidade de monitorização da rede sismográfica, em termos de detectabilidade mínima, pode ser avaliada empiricamente da seguinte forma: (i) a partir das observações efectuadas ao longo do período 1995-2000, procurou-se determinar o nível de amplitude a partir do qual uma dada estação sísmica detecta um evento; (ii) para tal, procedeu-se ao estudo da relação distância epicentral – magnitude para cada estação, tendo-se determinado todas as amplitudes teóricas (correspondentes aos pares distância – magnitude), e posteriormente escolhido para amplitude mínima, numa dada estação, o valor para o qual 90% das amplitudes I_{he} é superior (quantil 90%); (iii) para cada posição epicentral determinam-se as magnitudes mínimas que o evento pode ter de modo a ser detectado em cada uma das estações da rede; (iv) assumindo que o evento é detectado quando registado em três estações, a magnitude mínima será determinada como sendo o máximo dos três valores menores.

Com este conjunto de estações, e seguindo a metodologia acima referida, calculou-se a detectabilidade da rede sismográfica (Figura 2). Consta-se que no interior do território do continente a magnitude mínima de um sismo localizável é inferior a ~1.7 ML, sendo que no sul do país ela é mesmo inferior 1.0 ML. Verifica-se ainda, e de acordo com esta carta, que para a zona do banco de Goringe o limite de detectabilidade é inferior a 2.0 ML.

4. SISMICIDADE

Analisando as cartas de sismicidade da Figura 4 e da Figura 5, verifica-se uma maior concentração de sismos na zona localizada a sul do território do continente, estendendo-se desde o banco de Goringe, a oeste do Cabo de S.Vicente, até ao Golfo de Cádiz, estando esta sismicidade associada à deformação litosférica na fronteira de placas Açores-Gibraltar (Cabral, 1995). Aqui ocorreram vários dos principais sismos que afectaram o território (ex: 63 a.C., 382 e 1755 e o mais recente em 1969).

Igualmente é possível identificar outras zonas com actividade sísmica significativa, nomeadamente junto ao litoral e no interior do continente. Aqui ocorreram vários sismos históricos, tendo alguns tido magnitudes estimadas

próximas de 7. Considerando que a margem continental oeste-ibérica corresponde a uma margem passiva, a sismicidade ocorrida no interior do continente e na zona imersa próxima do litoral deve ter origem em falhas activas no interior da placa litosférica eurasiática, correspondendo a sismicidade intra-placa (Cabral, 1995). No interior do território continental são identificadas falhas activas, algumas com extensão para o mar, correspondendo a zonas de geração sísmica importantes, nomeadamente a falha do Vale Inferior do Tejo, a falha de Portimão, a falha de Loulé, a falha de Nazaré e a falha da Vilariça.

4.1. Principais sismos históricos

O território de Portugal continental tem sido atingido por diversos sismos de grande impacto (Figura 4), havendo ocorrências datadas desde há mais de 2000 anos. Contudo só a partir de meados do sec. XIV é que começa a haver referências a sismos ocorridos dignas de confiança (Moreira, 1991)

O primeiro sismo ocorrido em 63 a.C. (Brito, 1609) terá afectado particularmente as costas de Portugal Continental e Galiza, sendo acompanhado por um tsunami de dimensão suficiente para forçar a fuga das populações do litoral para o interior (Barata *et al.*, 1989). Apesar da localização a sudoeste do C.S.Vicente atribuída por vários autores (Moreira, V., 1982; Martins & Mendes-Victor, 1990), outros autores consideram a localização epicentral deste sismo como incerta (algures a oeste da costa continental) uma vez que foram observados efeitos importantes na costa da Galiza (Moreira, 1991).

Em 382 d.C., um outro sismo ter-se-á verificado nesta zona, havendo relatos da ocorrência de um grande tsunami e de desaparecimento de ilhas ao largo do Cabo de S. Vicente (Brito, 1609; Barata *et al.*, 1989). Ainda na mesma zona, ocorreu em 24 de Agosto de 1356 um outro sismo de grandes proporções, sentido em toda a Península Ibérica, tendo atingindo em Portugal intensidade semelhante à do que ocorreu em 1755.

A falha do Vale Inferior do Tejo constitui uma das fontes sismogénicas, cujos eventos podem originar estragos consideráveis na cidade de Lisboa. Assim, nesta falha, provavelmente nas proximidades de Vila Franca de Xira, ocorreu um dos sismos mais energéticos com epicentros em terra, em 26 de Janeiro de 1531 (Pereira de Sousa, 1930), o qual destruiu muitas aldeias do Vale de Santarém.

Quatro séculos mais tarde, com origem idêntica, ocorreu o sismo de 23 de Abril de 1909, o qual foi considerado o sismo mais destruidor, sentido no Continente, no século passado. Neste sismo foi destruída quase por completo

a vila de Benavente, bem como as aldeias próximas e causou grandes danos na parte ocidental da cidade de Lisboa. A sua magnitude foi recentemente estimada em 6.0 MW (Teves-Costa *et al.*, 1999), avaliação feita com base em registos instrumentais, sendo este valor significativamente mais baixo que o

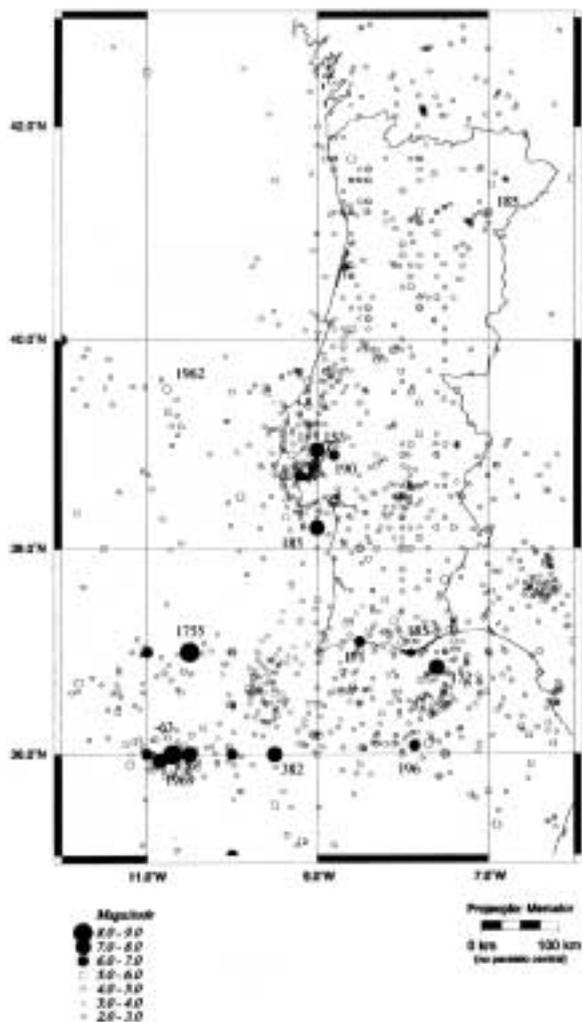


Figura 4. Sismicidade histórica e instrumental no período 63 a.C. – 1994 (mag>2), onde se destacam alguns dos sismos principais que afetaram o território continental de Portugal. Dados segundo Martins & Mendes-Victor, 1990.

de 7.6 estimado a partir de dados macrossismicos (Martins & Mendes-Victor., 1990) mas mais próximos do intervalo 6.4-7.1 estimado por Karnik (1969).

Em 6 de Março de 1719 ocorreu no Algarve, junto a Portimão, um sismo que teve efeitos consideráveis, tendo a sua magnitude estimada sido de 7. Provavelmente este sismo estará associado à falha Portimão.

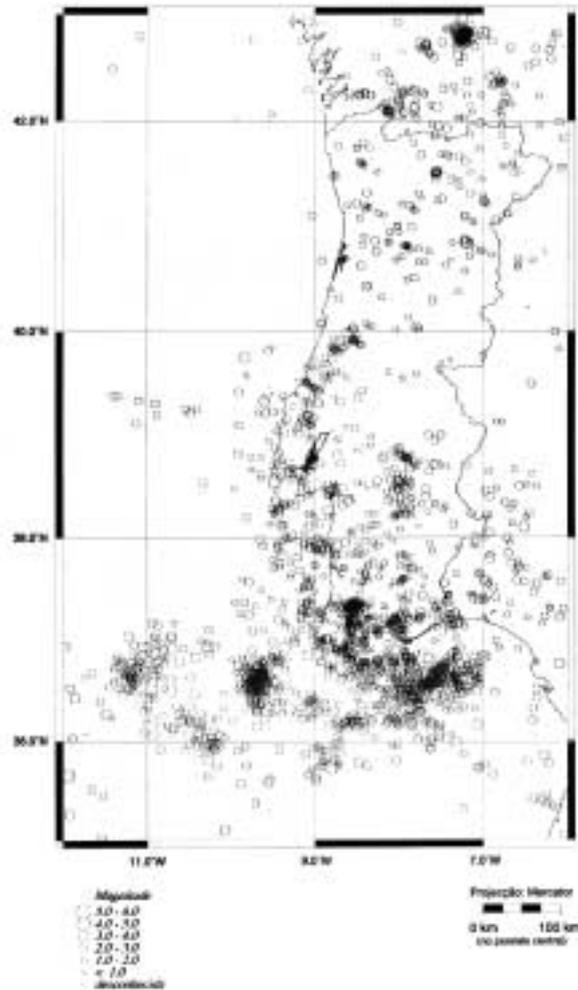


Figura 5. Sismicidade instrumental para o período 1995-2002 (Boletins sismológicos do Instituto de Meteorologia).

Cerca de três anos mais tarde, em 27 de Dezembro de 1722, ocorreu no Algarve um outro sismo que teve efeitos catastróficos, com o qual foi quase totalmente destruída a vila de Loulé, tendo-se também verificado danos consideráveis noutras localidades algarvias. Até há pouco tempo este sismo era atribuído à falha de Loulé, com localização epicentral em terra (Martins & Mendes-Victor., 1990). Contudo, outros autores, como Steikhardt (1931) [in Moreira 1991], Moreira (1982) e Baptista *et al.* (1999), situam a localização epicentral ao largo de Tavira, apontando os últimos autores a existência de evidências significativas da ocorrência de um tsunami.

Finalmente a 1 de Novembro de 1755 ocorreu o sismo mais destruidor que atingiu o território nacional e que foi considerado um dos sismos mais energéticos de todo o globo, tendo sido a sua magnitude estimada em 8.75 (Richter, 1949). Este sismo causou grandes destruições em Lisboa e em



Figura 6. Isossistas do sismo de 1 de Novembro de 1755 (escala de Mercalli modificada, 1956), adaptado de Moreira (1991).



Figura 7. Isoseismas do sismo de 11 de Novembro de 1858 (escala de Mercalli modificada, 1956), adaptado de Moreira (1991).

todas as cidades costeiras do sul do país e da orla ocidental, causou danos em quase todo o país (Figura 6) e foi sentido em muitos países da Europa e do Norte de África. Além disso originou o maior tsunami que atingiu alguma vez a costa portuguesa e também um dos maiores alguma vez observado. Durante muitos anos a origem deste evento foi atribuída ao Banco de Gorringe (Martinez Solares *et al.*, 1979; Moreira, 1982; Levret, 1991), mas estudos mais recentes, em particular, do tsunami associado a este evento (Batista *et al.*, 1998), atribuem a sua origem a movimentos simultâneos em estruturas geológicas bastante mais próximas do continente, como a falha do Marquês de Pombal (Zitellini *et al.*, 2001). Várias soluções têm sido apresentadas, mas nenhuma ainda foi considerada definitiva, uma vez que as soluções que estão de acordo com o tsunami observado no continente português, não justificam o que foi verificado no norte de África.

Contudo parece não restarem dúvidas de que a origem deste terramoto tem que ser bastante mais perto do continente europeu do que se localiza o Banco de Gorringe.

Em 12 de Janeiro de 1856, e com provável origem na falha de Loulé, ocorreu um sismo muito importante que causou muitos danos no Algarve, em particular em Loulé, Tavira e Faro (Moreira, 1982).

Com origem da falha da Vilarça, ocorreu em 19 de Março de 1858 um sismo que destruiu a Vila de Moncorvo e causou muitos danos nas aldeias próximas (Moreira, 1991). Esta falha continua activa nos nossos dias, originando vários eventos sentidos, sendo contudo actualmente, todos pouco energéticos.

A 11 de Novembro de 1858 ocorreu um sismo destruidor que provocou enorme grau de destruição em Setúbal (Moreira, 1982; Moreira, 1991). O seu epicentro terá, muito provavelmente, tido origem numa zona submersa poucos quilómetros da cidade, tendo sido sentido em todo o território do continente (Figura 7). Jonhston & Kanter (1990), consideram este sismo como tendo ocorrido ao largo de Santo André, tendo-o apontado como um dos 15 maiores sismos ocorridos no globo terrestre em crosta continental estável (magnitude 7.1). Não há nenhuma referência a tsunami causado por este sismo.

A falha da Nazaré tem apresentado maior actividade no seu ramo submerso onde têm sido gerados sismos bastante energéticos, sendo exemplo de sismo com esta origem, o de 26 de Dezembro de 1962 (5.7 mb) que se fez sentir em todo o país embora não tivesse causado danos. Moreira (1982) apresenta um mecanismo focal em que um dos planos é compatível com a orientação do traço da referida falha.

A 15 de Março de 1964 às 22h 31 min ocorreu a sul do país um evento bastante energético (6.2 mb), o qual se fez sentir em todo o território.

Em 28 de Fevereiro de 1969 ocorreu às 02h 41min, um sismo de magnitude $M_S = 7.5$ (ISC) cuja localização epicentral foi na região do Banco de Gorringe, mais concretamente na planície abissal da Ferradura. O mecanismo focal deste sismo foi calculado por vários autores que chegaram a soluções semelhantes indicadoras de falhamento predominantemente inverso, em que o eixo de compressão máxima é praticamente horizontal e tem orientação NNW-SSE (Fukao, 1973; Moreira, 1982; Bufforn *et al.*, 1988). Este sismo fez-se sentir em todo o país e causou prejuízos consideráveis no sul do continente, onde se verificou uma intensidade máxima de VII (Mercalli, 1956). Este evento foi considerado um dos mais importantes que se fizeram sentir no continente ao longo do século XX e foi consequência dele a evolução que se fez sentir na forma como passou a ser realizada no país a vigilância sismológica.

4.2. Sismicidade instrumental

A sismicidade recente (1995-2002) na área em análise encontra-se representada no mapa da Figura 5, apresentando-se na Figura 8 um histograma que ilustra a distribuição dos eventos por classes de magnitude.

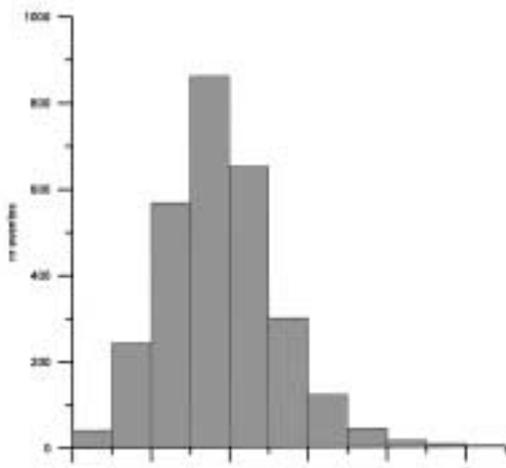


Figura 8. Distribuição da sismicidade por classes de magnitude (1995-2002).

Tal como a sismicidade histórica, a sismicidade recente mais significativa concentra-se essencialmente na região sul. Na área de Portugal Continental e região adjacente são identificáveis zonas, de norte para sul, onde a actividade sísmica se concentra:

- i) a norte, na região do Lugo (Galiza), essencialmente devido a duas séries sísmicas ocorridas em Novembro de 1995 e em Maio de 1997 (sismo principal com magnitude 5.4 ML), das quais não resultaram danos no território português;
- ii) uma faixa que se estende desde o norte de Lisboa até à latitude 40°N (aprox), paralelamente ao vale inferior do Tejo, em que o maior sismo ocorreu em Abril de 1999 e teve a magnitude 4.6 ML, estando este sismo associado à falha da Nazaré; não se verificou nenhuma actividade significativa na zona epicentral dos sismos de 1531 e de 1909;
- iii) a região de Évora, caracterizada por uma sismicidade difusa, onde o maior sismo ocorreu em Julho de 1998 e teve a magnitude 4.1 ML, dificilmente atribuível a qualquer estrutura identificada na zona;
- iv) região do Algarve, com uma grande concentração de sismos na região oeste, na área da serra de Monchique e estendendo-se para

o mar paralelamente ao traço da falha de Portimão, em que o maior sismo registado teve a magnitude de 3.6 ML; refira-se que Carrilho *et al.* (2004), após terem relocalizado os eventos ocorridos nesta zona entre 1996-2000, concluíram pela existência de alguns padrões na distribuição epicentral, eventualmente relacionados com algumas estruturas do modelo neotectónico regional proposto por Dias (2001), embora, dada a distribuição de profundidades predominantemente superiores a 5 km, tenham apontado para que os sismos sejam originados em estruturas tectónicas pré-existentes.

- v) Golfo de Cádiz, essencialmente na zona do banco Guadalquivir, onde há um alinhamento de epicentros identificável, mas também numa área bem delimitada ao longo da direcção SE-NW desde o referido banco até ao Cabo de S.Vicente, dentro da qual se identifica um alinhamento de epicentros com ligação a Terra (prolongamento aparente da falha de Portimão); os maiores sismos nesta área tiveram magnitude 4.4 ML;
- vi) uma grande concentração de eventos a SW do Cabo de S. Vicente, correspondendo possivelmente a actividade relacionada com a falha do Marquês de Pombal (Zittelini *et al.*, 2001), onde o maior sismo ocorreu em Março de 2000 tendo a magnitude sido de 4.7 ML;
- vii) região do banco de Gorringe e da planície abissal da Ferradura, onde, no período considerado, o maior sismo teve a magnitude de 4.6 ML (Maio de 2000). Convém aqui referir que, fora do período em análise, ocorreu em 29 de Julho de 2003 um sismo de magnitude 5.4 ML com epicentro próximo do de 1969.

Quanto às profundidades focais, o gráfico da Figura 9 ilustra a respectiva distribuição para os sismos com localização na faixa limitada pelos paralelos 35°N e 37°N e pelos meridianos 06°W e 12°W. A maioria dos sismos tem profundidade focal inferior a 31 km, que é o limite da descontinuidade Moho segundo o modelo de velocidades crustais utilizado pelo Instituto de Meteorologia. Verifica-se que alguns sismos têm profundidades maiores.

De uma forma geral, a qualidade das localizações hipocentrais é bastante variável, verificando-se que os sismos registados em terra têm, regra geral, as soluções hipocentrais mais bem constrangidas, enquanto que os sismos ocorridos nas zonas submersas, particularmente na região do Banco de Gorringe, têm soluções hipocentrais mais pobres, sendo, em particular, a profundidade o parâmetro hipocentral mais afectado.

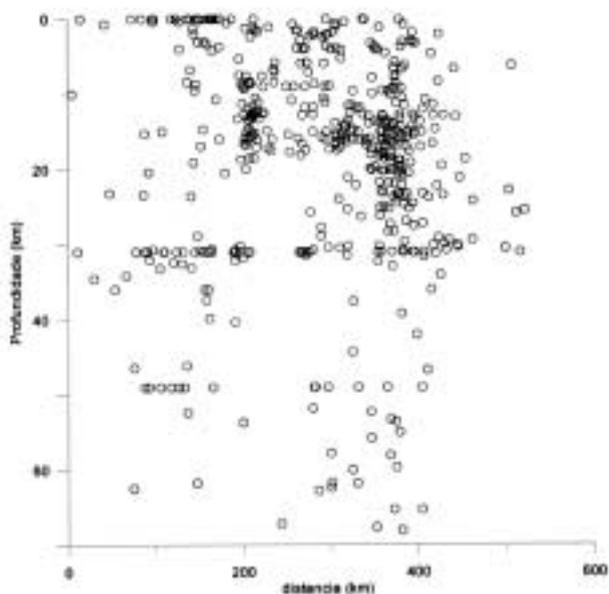


Figura 9. Distribuição em profundidade ao longo da direcção W-E, dos eventos com epicentro na faixa delimitada pelas latitudes 35°N e 37°N e pelas longitudes 6°W e 12°W.

5. Considerações finais

O território de Portugal continental localiza-se num ambiente tectónico que é responsável por uma significativa actividade sísmica, tendo sido atingido por vários sismos que tiveram um grande impacto. De uma forma geral, a sismicidade aumenta de intensidade de norte para sul.

A sismicidade pode ser originada em acidentes geológicos localizados em terra, como no vale inferior do Tejo onde ocorreram os sismos de 1531 e de 1909, ou em estruturas localizadas no oceano atlântico, onde tiveram origem os sismos de 1755 e de 1969, e, provavelmente os de 63 a.C. e de 382. A ocorrência de sismos de grande magnitude nestas zonas submersas pode dar origem a tsunamis, alguns de efeitos devastadores como sucedeu com o sismo de 1755.

Com o dispositivo de monitorização sísmica actualmente existente, com o qual é, teoricamente, possível detectar e localizar os eventos com magnitude mínima 2.0, chegando a ser inferior a 1.0 no Algarve, passou a ser possível obter muito mais informação como se comprova com a evolução da

percentagem de sismos localizados face aos detectados. No entanto, dada a distribuição da sismicidade e a localização das estações, verifica-se que subsistem ainda muitos problemas que têm a ver com deficiente cobertura azimutal para os sismos ocorridos as zonas submersas, particularmente para os com localização epicentral a SW do C.S Vicente, resultando em soluções hipocentrais mal constrangidas (em especial o parâmetro profundidade), situação que só poderá ser combatida com a instalação, em regime de permanência, de OBS. Outro problema que subsiste tem a ver com a dinâmica ainda algo limitada da instrumentação, sendo necessário instalar strong-motions e substituir as estações de curto período por estações broadband com dinâmica muito superior (144 dB).

Apesar destes constrangimentos, a informação instrumental que está a ser obtida poderá ser utilizada, entre outras aplicações, no refinamento da caracterização das zonas sismogénicas contribuindo para a avaliação da perigosidade sísmica na região.

REFERÊNCIAS

- ARGUS, D., GORDON, R., DEMETS, C., STEIN, S., (1989), Closure of the Africa-Eurasia-North America Plate Motion Circuit and Tectonics of the Gloria Fault, *J.Geophys. Res.*, vol.94, n. B5, pp.5585-5602.
- BAPTISTA, M.A., (1998), Génese, Impacte e Propagação de Tsunamis na Costa Portuguesa, Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Física - Ciências Geofísicas, Faculdade de Ciências, Univ. Lisboa
- BAPTISTA, M.A., LEMOS, C., and MIRANDA, J. M. (1999), The tsunami of 1722.12.27, Algarve, Portugal, IUGG99 Abstracts, 133.
- BARATA, M.R., BRAGA, M.L., WAGNER, M., GUERRA, B., ALVES, J., NETO, J., (1989), Sismicidade de Portugal - Estudo da Documentação dos Séculos XVII e XVIII”, Vol II, Ministério do Planeamento e da Administração do Território, Secretaria de Estado do Ambiente e dos Recursos Naturais, Gabinete de Protecção e Segurança Nuclear.
- BRITO, BERNARDO de, (1609), Monarquia Lusitana, Parte II, Lisboa.
- BUFORN, E., MÉZCUA, J., UDIAS, A., (1988), Seismicity, source mechanisms and tectonics of the Azores-Gibraltar Plate boundary. *Tectonophysics* 152, 89-118.
- CABRAL, J., (1993), Neotectónica de Portugal Continental, tese de doutoramento, Fac. Ciências, Univ.Lisboa, Portugal.
- CABRAL, J., (1995), Neotectónica em Portugal Continental, *Memórias do Instituto Geológico Mineiro*, Memória 31.
- DIAS, R.P., (2001), Neotectónica da Região do Algarve, PhD Thesis, Lisbon University, 369 pp.
- FUKAO, Y., (1973), Thrust faulting at a lithospheric plate boundary. The Portugal earthquake of 1969. *Earth Planet. Sci. Lett.* 18, pp 205-216. Grimison, N.L. and Chen,

- W.P. (1986), The Azores Gibraltar Plate Boundary: Focal Mechanisms, Depth of Earthquakes and their Tectonic Implications, *Journal of Geophysical Research*, 91, 2029-2047. Jonhston, A.C., Kanter, L.R., (1990), Earthquakes in Stable Continental Crust, *Scientific American*, v.262, n. 3, pp 42-49.
- KARNIK, V., (1969), Seismicity of the European Area, Part I. D. Reidel Publishing Company. Dordrecht (Holanda).
- LEVRET, A., (1991), The effects of the November 1, 1755 Lisbon earthquake in Morocco. *Tectonophysics*, 1991; 193: 83-94.
- MARTINS, I., MENDES-VICTOR, L.M., (1990), Contribuição para o Estudo da Sismicidade de Portugal Continental, Publicação nr 18, Instituto Geofísico Infante D.Luís, Univ.Lisboa, 67 pp.
- MCKENZIE, D.P. (1972), Active Tectonics of the Mediterranean Region, *Royal Astronomic Society Geophysics Journal* 30, 109-185.
- MOREIRA, V.S. (1982), «Sismotectónica de Portugal Continental e Região Atlântica Adjacente», INMG, Lisboa.
- MOREIRA, V.S. (1991), Sismicidade Histórica de Portugal Continental, Revista do INMG, Lisboa, Julho 1991.
- PEREIRA DE SOUSA, F.L., (1930), O Terremoto de 26 de Janeiro de 1531. Separata do Boletim da Academia das Ciências de Lisboa.
- RICHTER, C., (1949), Seismicity of the Earth.
- Steikhardt, L., (1931), *Die Erdbebentagtigkeit am Westrand des Mittelmeers. und ihre Geologische Bedeutung*.
- TEVES-COSTA, P.; BORGES, F.; RIO, I.; RIBEIRO MARREIROS, C., (1999), Source Parameters of old earthquakes: Semi-Automatic Digitization of Analog Records and Seismic Moment Assessment, *Natural Hazards*, 19, pp 205-220.
- WALKER, A. and TRANSFRONTIER GROUP, (1997), Technical Report WL/97/21 to CE, Global Seismology Series, Edinburgh, British Geological Survey, 280 pp.
- ZITELLINI, N., MENDES-VICTOR, L.A., CORDOBA, D., DANOBETIA, J., NICOLICH, R., PELLIS, G., RIBEIRO, A., SARTORI, S., TORELLI, L., BARTOLOME, R., BORTOLUZZI, G., CALAFATO, A., CARRILHO, F., CASONI, L., CHIERICI, F., CORELA, C., CORREGGIARI, A., DELLA VEDOVA, B., GRACIA, E., JORNET, P., LANDUZZI, M., LIGI, M., MAGAGNOLI, A., MAROZZI, G., MATIAS, L., PENITENTI, D., RODRIGUEZ, P., ROVERE, M., TERRINHA, P., VIGLIOTTI, L., ZAHINOS RUIZ, A., (2001), Source of the 1755 Lisbon earthquake and tsunami investigated. *EOS 2001*; 82(26).