

O TSUNAMI DE 1755 E A AVALIAÇÃO DA PERIGOSIDADE EM PORTUGAL CONTINENTAL

Ângela SANTOS¹, José Luís ZÊZERE², Rui AGOSTINHO³

¹*RISKam, Centro de Estudos Geográficos, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território,
Universidade de Lisboa,*

Email: angela.santos@campus.ul.pt

²*RISKam, Centro de Estudos Geográficos, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território,
Universidade de Lisboa,*

Email: zezere@campus.ul.pt

³*Observatório Astronómico de Lisboa, Centro de Astronomia e Astrofísica da UL,
Departamento de Física da FCUL, Universidade de Lisboa,*

Email: rui.agostinho@oal.ul.pt

PALAVRAS CHAVE

Hora do sismo, Tsunami, Relatos históricos, Modelo numérico, Perigosidade

RESUMO

Neste estudo, calculou-se que o sismo de 1 de Novembro de 1755 ocorreu entre as 10:15 UT e 10:16 UT, utilizando a interpretação religiosa de um relato em Lisboa, conjugada com um registo em Cádiz. Por outro lado, os relatos que descrevem a altura máxima das ondas do tsunami em Portugal são apresentados e utilizados na validação do modelo numérico do tsunami. Propõe-se ainda um critério de avaliação da perigosidade de tsunami, aplicado a um cenário equivalente ao tsunami de 1755, que foi o maior registado em Portugal. Verifica-se que, apesar de haver algumas limitações, esta abordagem permite a obtenção de informações valiosas para o Ordenamento do Território e o Planeamento de Emergência. Conclui-se que as zonas com maior perigosidade vão desde Sagres até ao Cabo da Roca.

KEYWORDS

Time of the earthquake, Tsunami, Historical accounts, Numerical model, Hazard

ABSTRACT

In this study the time of the 1755 earthquake was calculated. It occurred between 10:15 UT and 10:16 UT. This calculation was based on the religious interpretation of an account in Lisbon, combined with a record at Cadiz. On the other hand, the accounts that describe the maximum tsunami height in Portugal are presented and used to validate the tsunami numerical model. It is proposed a criteria to assess the tsunami hazard applied to the 1755 Tsunami scenario, which is the largest tsunami ever registered in Portugal. Although there are some limitations, this approach allows valuable information to Spatial Planning and the Emergency Management. It can be concluded that the most hazardous areas are located from Sagres till Cabo da Roca.

1. INTRODUÇÃO

O tsunami de 1 de Novembro de 1755 é o maior tsunami alguma vez registado em Portugal. No entanto, ainda há muitos detalhes deste evento histórico de origem sísmica que permanecem desconhecidos.

Um dos parâmetros que tem sido alvo de alguma discussão é a hora em que o sismo ocorreu, sem no entanto haver provas significativas que conduzam a uma conclusão. Neste estudo apresenta-se um relato em Lisboa que inclui descrições religiosas. A interpretação deste relato, conjugada com um registo da hora do sismo em Cádiz permite o cálculo da hora mais provável do início do sismo.

Por outro lado, Santos et al. (2009) conduziram uma reavaliação do tempo de percurso do tsunami. Esta análise foi a base para os autores apontarem o Banco de Goringe como um forte candidato para a origem do tsunami. Neste estudo apresentam-se os relatos históricos que descrevem a altura máxima das ondas de tsunami, que permitem a validação do modelo numérico considerando a fonte do tsunami no Banco de Goringe.

Neste contexto, este estudo tem como objectivo estabelecer um critério de avaliação da perigosidade de tsunamis em Portugal, com base na altura máxima e tempo de percurso do tsunami. A combinação dos relatos históricos do tsunami de 1755 que contemplam estes 2 parâmetros é muito reduzida (apenas 5 locais), mas o modelo numérico utilizado permite calcular este par de parâmetros para toda a costa Portuguesa. Finalmente, apresenta-se uma estimativa preliminar da perigosidade associada aos tsunamis em Portugal, baseada na ocorrência de 1755.

2. HORA DO SISMO

A determinação correcta da hora do sismo é um elemento crucial para a reconstrução detalhada de toda a cadeia de acontecimentos que ocorreu na manhã do dia 1 de Novembro de 1755. Permite, por exemplo, validar correctamente a hora da chegada das ondas de tsunami aos vários locais onde este foi observado. Recentemente, Santos et al. (2009) referiram a hora do sismo como sendo 9:45 – 9:50, mas, por limitações de espaço, não justificaram a estimativa da hora. Atendendo a que o sismo de 1755 é um evento histórico, todas as interpretações dependem dos relatos que são analisados. Neste estudo, faz-se a interpretação religiosa de um relato em Lisboa, combinada com uma publicação recente em Cádiz. Esta abordagem permite obter, pela primeira vez, uma estimativa da hora do sismo com detalhe.

O relato em Lisboa é no Convento Nossa Senhora da Graça: “[...] estando os religiosos n’ella cantando Terça para se entrar á missa conventual, ao Segundo Psalmo começou a abalar-se tudo com um vehementíssimo tremor [...]” (Sousa, 1928).

O relato descreve que estavam cantando “Terça”; esta é uma oração que começa a partir das 9 horas da manhã, nos conventos, seguida de missa. Esta oração consiste em 2 canções e 2 salmos, sendo que os salmos podem ser lidos ou cantados. Por outro lado, esta oração dura cerca de 20 a 25 minutos se os salmos forem lidos, e cerca de 40 a 45 minutos se os salmos forem cantados. Uma vez que o sismo ocorreu no Dia de Todos os Santos é muito provável que os salmos fossem cantados, e o próprio relato confirma esta situação. Para além disso, os religiosos usavam a Hora Civil para determinarem as horas das orações. Assim, estima-se que o sismo tenha começado a ser sentido em Lisboa cerca das 9:40 Hora Civil, que foi calculada como sendo 10:16,8 UT.

Em Cádiz, o sismo foi registado às 9:52, de acordo com Solares e Arroyo (2004), e confirmado pelo Observatório Astronómico de Cádiz. Uma vez que a testemunha que escreveu o relato original era um Professor de Matemática, e o relógio estava numa instituição científica, considera-se que o relógio marcava a Hora Solar "Média". Deste modo, calculou-se que o sismo começou a ser sentido em Cádiz às 10:17,2 UT.

A diferença de horas em que o sismo começou a ser sentido em Lisboa e Cádiz é consistente com um sismo gerado no Banco de Gorringe, como foi proposto por Santos et al. (2009). Assim, conclui-se que a hora mais provável do início do sismo é entre as 10:15 UT e 10:16 UT.

3. RELATOS HISTÓRICOS

Neste estudo pretende-se apresentar um resumo dos relatos que descrevem as alturas máximas que o tsunami atingiu, em Portugal continental. As testemunhas históricas descrevem o tsunami com unidades de medida portuguesas históricas, com as seguintes conversões: 1 palmo = 0,2 m; 1 braça = 1,8 m; 1 covado = 0,7 m; 1 vara = 1 m (Oliveira, 1985). No Porto, o relato é feito por um Inglês, pelo que se considera a unidade de medida Inglesa (1 foot = 0,3m).

Porto: *"the river, which rose (...) four or five feet [1,2 - 1,5 m]"* (Ellicot, 1756).

Figueira da Foz: *"o fluxo das mesmas agoas se virão estes vinte braças [36 m] pouco mais ou menos pelas praias asima"* (IMP, 1756).

Praia do Porto Novo: *"Os palmos que cresceu mais de ordinário, se pode conjecturar pela altura das nove ou dez braças [16,2 - 18 m] em que combateu as arribas"* (Sousa, 1928).

Cruz Quebrada: *"levantou, segundo dizem algumas pessoas, bons trinta palmos [6m]."* (Sousa, 1928).

Setúbal: *"subindo a alteração das agoas a mais de vinte e cinco covados [17,5 m] de altura"* (Sousa, 1928).

Ponta da Arrifana: *"que pelo S. da ponta subio a uma enorme altura ao passo que pelo N. humas 30 br. [54 m] apenas subiria 2 [3,6 m]"* (Sousa, 1919).

Beliche: *"cresceo com tanta fúria, que igualou a rocha e muralhas da fortaleza de Beliche, que terão humas 30 braças [54 m] de altura."* (Sousa, 1919).

Sagres: *"veio depois á terra com tal violência, que pelas parte N. montou rochas de altura de 60 braças [108 m], e do E. de 80 [144 m]."* (Sousa, 1919).

Boca do Rio: *"entrou o mar (...) em altura de 10 a 12 varas [10 - 12 m]"* (Sousa, 1919).

Lagos: *"O mar subiu á altura de 5 braças [9 m]"* (Sousa, 1919).

Portimão: *"elevando-se a perto de 6 braças [10,8 m] de altura"* (Sousa, 1919).

Albufeira: *"subio á enorme altura de 15 covados [10,5m]"* (Sousa, 1919).

A Figura 1a) resume as alturas máximas do tsunami nos locais onde foram observadas pelas testemunhas. Nas arribas da Ponta da Arrifana, Beliche e Sagres, foram observados valores extremos da altura máxima do tsunami (> 50 m). Nas praias da Figueira da Foz foram também observadas alturas máximas extremas (> 30 m). Na praia do Porto Novo e Setúbal foram observados valores muito elevados da altura do tsunami (> 15 m). No Algarve foram observadas alturas das ondas do tsunami variando entre 9 m e 12 m. Na Cruz Quebrada o tsunami foi observado com 6 m de altura.

4. SIMULAÇÃO NUMÉRICA DO TSUNAMI

Santos et al. (2009) demonstraram que um sismo localizado no Banco de Gorringe, com uma magnitude de 8.7, gera um tsunami que reproduz, de um modo geral, os relatos das testemunhas históricas. Assim, calculou-se o deslocamento inicial do tsunami (de acordo com Santos et al, 2009). Seguidamente, calculou-se a propagação deste tsunami, considerando o modelo *Non-Linear Shallow Water Equations with a Finite Difference Method* (Imamura, 1995). A batimetria utilizada tem 1 minuto de espaçamento (GEBCO Digital Atlas).

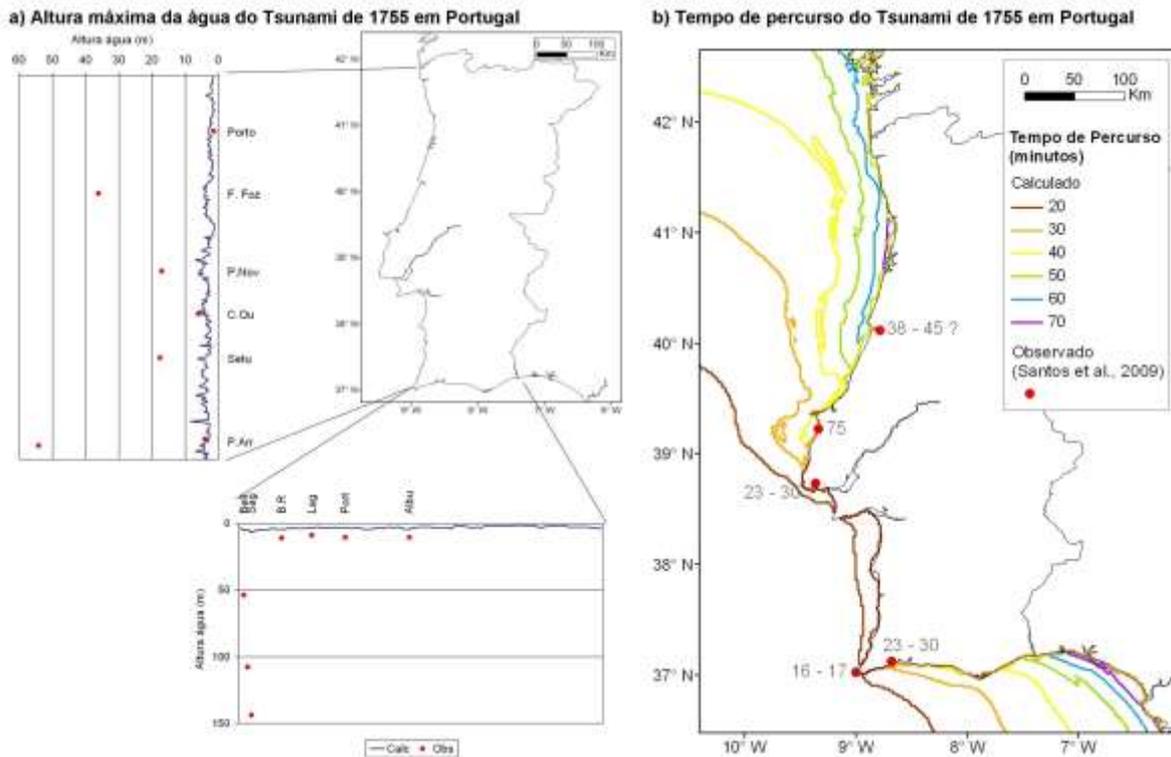


Figura 1: Comparação entre os resultados do modelo e observações do Tsunami de 1755 em Portugal. a) Altura máxima da água; b) Tempo de percurso.

A Figura 1 mostra a comparação entre os resultados do modelo e os valores descritos nos relatos das testemunhas. Os resultados do modelo da altura máxima das ondas de tsunami (Figura 1a) estão claramente subestimados, relativamente às alturas máximas do tsunami observadas pelas testemunhas. No entanto, o modelo responde de acordo com a variação qualitativa do tsunami: na costa oeste foram observados alguns valores extremos a que o modelo responde; por outro lado, na costa sul, o máximo foi observado no Beliche e Sagres, diminuindo gradualmente para Este. Esta tendência foi reproduzida pelo modelo.

Os tempos de percurso referidos pelas testemunhas históricas (Figura 1b) já tinham sido validados por Santos et al. (2009). Os autores concluíram ainda que o tempo de percurso do tsunami na Figueira da Foz descrito pelas testemunhas pode não ser credível. No entanto ainda não existe uma prova concreta que demonstre essa hipótese.

5. PERIGOSIDADE DE TSUNAMI EM PORTUGAL CONTINENTAL

A Figura 2 representa uma matriz que permite caracterizar a perigosidade de tsunami, a partir do cruzamento da altura da água e do tempo de percurso. Esta matriz é aplicada ao território de Portugal Continental, tendo por base o cenário de um tsunami equivalente ao de 1755, a partir dos resultados obtidos pelo modelo numérico.

Altura da água (metros)	Classificação	Tempo de percurso (minutos)	Classificação	Perigosidade de Tsunami						
Até 2	Reduzida	Até 20	Crítica	Crítica	Elevada - moderada	Elevada	Elevada	Crítica	Crítica	Crítica
Até 5	Moderada	Até 30	Elevada	Elevada	Elevada - moderada	Elevada - moderada	Elevada	Elevada	Crítica	Crítica
Até 10	Elevada - moderada	Até 40	Elevada - moderada	Elevada - moderada	Moderada	Elevada - moderada	Elevada - moderada	Elevada	Elevada	Elevada
Até 15	Elevada	Até 50	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Elevada - moderada	Elevada - moderada	Elevada	Elevada
Mais de 15.1	Crítica	Mais de 50.1	Reduzida	Reduzida	Reduzida	Moderada	Moderada	Elevada - moderada	Elevada - moderada	Elevada - moderada
T. Percurso \ A. água				Reduzida	Moderada	Elevada - moderada	Elevada	Crítica	Crítica	Crítica

Figura 2: Matriz de Perigosidade de Tsunami, considerando a altura máxima da água e o tempo de percurso.

A Figura 3 mostra a distribuição espacial da perigosidade estimada ao longo da costa portuguesa, bem como os 5 relatos das testemunhas relativos ao tsunami de 1755. Verifica-se que a perigosidade é crítica no Beliche, elevada na Figueira da Foz, Cruz Quebrada e Lagos, e elevada - moderada no Porto Novo. Verifica-se ainda que os resultados obtidos pela aplicação do modelo numérico estão subestimados, quando comparados com os valores referidos pelas testemunhas históricas.

6. DISCUSSÃO

Os relatos históricos constituem a fonte de informação disponível, devem no entanto ser considerados com algum cuidado. O tsunami de 1755 ocorreu há mais de 255 anos e os locais referidos pelas testemunhas não foram estudados nem validados por especialistas em tsunamis. É necessário salientar ainda que as testemunhas não referem como é que a altura máxima do tsunami foi avaliada, significando que em muitos casos os valores referidos nos relatos podem estar exagerados.

Os resultados do modelo da altura máxima das ondas de tsunami (Figura 1a) estão claramente subestimados, relativamente às alturas máximas do tsunami referidas pelas testemunhas. Isto mostra que o modelo apesar de ser robusto tem limitações.

A proposta da classificação da perigosidade de tsunami, com base no tempo de percurso e altura da água parece ser adequada, apesar de estar provavelmente subestimada, devido à altura máxima do tsunami calculada. Conclui-se que as zonas com maior perigosidade vão desde Sagres até ao Cabo da Roca, e os agentes do Ordenamento do Território e do Planeamento de Emergência devem tomar estes resultados em consideração.

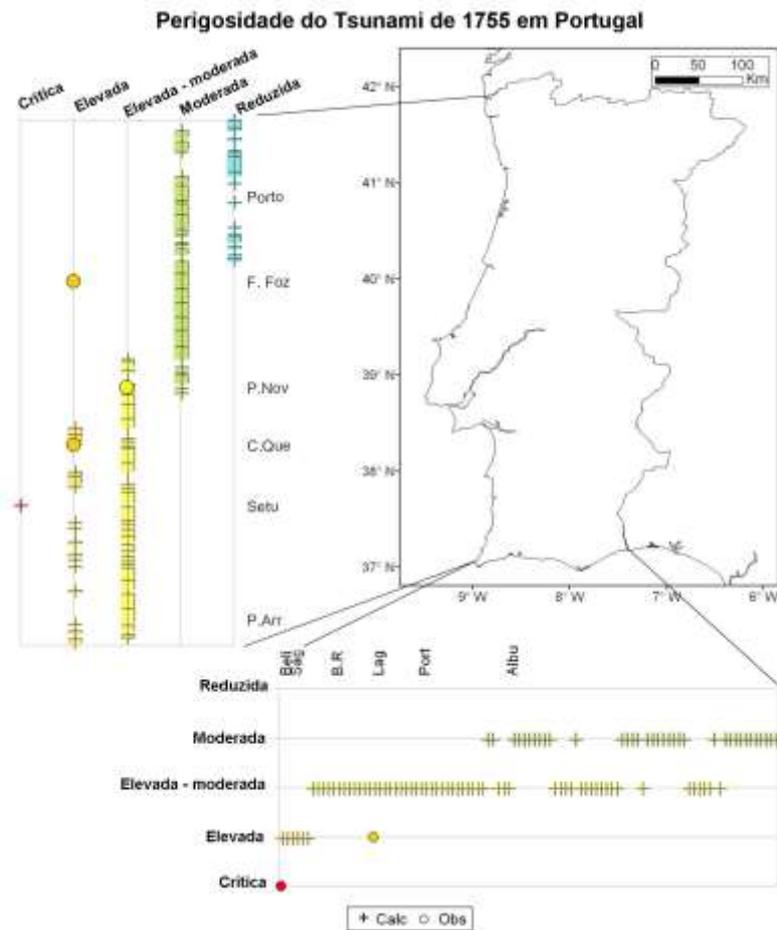


Figura 3: Perigosidade de Tsunami em Portugal Continental considerando o cenário de 1 de Novembro de 1755 (cruzes a cor) e confrontação com os valores observados em 1755 (círculos).

Referências

- Ellicot J (1756) Letter To Tilman Henkel, Esq; Merchant in London, concerning the Earthquake at Oporto in Portugal, Nov. 1, 1756, *Philosophical Transactions*, 49, 58, Letter VIII: 418-419.
- Imamura F (1995) Review of tsunami simulation with a finite difference method, *Long-Wave runup models*, World Scientific: 25-42.
- IMP - "Inquéritos do Marquês de Pombal", Arquivo do Ministério do Reino (1756) Maço N. 638, Respostas Paroquiais ao Inquérito do Marquês de Pombal, *Arquivo Nacional da Torre do Tombo*, Lisboa.
- Oliveira A M (1985) Pesos e Medidas, in *SERRÃO, Joel*, Dicionário de História de Portugal, 5, Porto, Livraria Figueirinhas, 67-72.
- Santos A, Koshimura S, Imamura F, (2009) The 1755 Lisbon Tsunami: Tsunami source determination and its validation, *Jour. Dis. Res.*, Vol.4, No.1: 41-52.
- Solares J, Arroyo A (2004) The great historical 1755 earthquake. Effects and damage in Spain, *Jour. Seism.*, 8: 275-294.
- Sousa L (1919). O terramoto do 1.º de Novembro de 1755 em Portugal e um estudo demográfico, *Serviços Geológicos*, 1: 1-277.
- Sousa L (1928) O terramoto do 1.º de Novembro de 1755 em Portugal e um estudo demográfico, *Serviços Geológicos*, 3: 479-949.