

# Geoboletim

Folha informativa do Centro de Geofísica de Évora

16 de Maio de 2011  
Número 17



Centro de Geofísica de Évora, Rua Romão Ramalho, 59, 7002 554 Évora, Portugal • Tel: 266 745300 • Fax 266 745394 • <http://www.cge.uevora.pt>

## Editorial

**A. Alexandre Araújo** *Centro de Geofísica de Évora, Departamento de Geociências, ECT, Universidade de Évora*

Os sismos e os mecanismos da Tectónica de Placas que estão na sua origem são o objecto de estudo de vários investigadores do CGE. Neste número destacamos o sismo de 11 de Março ao largo da costa japonesa (magnitude 9) e os seus efeitos. Dois meses depois, a 11 de Maio, um sismo bem mais fraco (magnitude 5.1) próximo do nosso Território, provocou alguns mortos e importante destruição na cidade espanhola de Lorca. A essa data o número 17 do Geoboletim já estava praticamente fechado e não foi possível incluir geoartigos relativos a este evento. Dada a relação directa com a fronteira de placas que condiciona a maioria da sismicidade em Portugal Continental, o sismo de Lorca será abordado no nosso próximo número.

## Índice

<b>Editorial</b>	<b>1</b>
<b>GeoComentário</b>	<b>1</b>
<b>GeoInformação</b>	<b>2</b>
<b>Geoagenda</b>	<b>3</b>
<b>GeoArtigo - Atmospheric Radioactivity</b>	<b>3</b>
<b>GeoArtigo - O Acidente da Central Fukushima Daiichi</b>	<b>4</b>
<b>GeoArtigo - Efeitos da contaminação radioactiva nos aquíferos em caso de acidente nuclear</b>	<b>6</b>
<b>GeoArtigo - Encontro de especialistas em detecção remota de LIDAR, promovido pelo CGE no âmbito do 10º Workshop da EARLINET- ASOS</b>	<b>7</b>
<b>GeoArtigo - O Sismo de Tohoku de 11 de Março de 2011 (Japão)</b>	<b>8</b>
<b>Geo-Seminário</b>	<b>10</b>
<b>Geopalavra - Implicações do sismo do Japão de 2011 na prospecção para recursos minerais nos fundos marinhos</b>	<b>11</b>

## GeoComentário

**António Heitor Reis** *Director do Centro de Geofísica de Évora, Departamento de Física, ECT, Universidade de Évora*

A recente crise sísmica iniciada com o sismo de 11 de Março (magnitude 9) no Pacífico muito perto da costa Japonesa, e o enorme tsunami que deslocando-se a cerca de 1000 km/hora devastou as zonas costeiras, e afectou irremediavelmente a Central Nuclear de Fukushima, vem colocar na ordem do dia a importância das Ciências do Globo no mundo actual. Essa importância estende-se também à parte aérea das circulações planetárias onde a ocorrência de tornados, furacões, precipitações intensas, inundações, deslizamento de terras, e descargas eléctricas, colocam em risco populações, património construído, e causam prejuízos económicos à escala planetária.

Previsões do tempo que irá fazer já são feitas com elevado grau de confiança, permitindo na maioria das vezes, lançar alertas a tempo de salvar vidas e bens. Para chegar a este ponto, um longo caminho foi percorrido em que a meteorologia emergiu como corpo científico consolidado com base na Física, servindo de base a modelos atmosféricos de previsão cada vez mais completos e sofisticados e tirando partido dos dados recolhidos por uma rede observacional montada à escala planetária. Para além da antecipação das fúrias da Natureza, usamos também a meteorologia para analisar cenários de futuros impactos decorrentes de grandes projectos e actividades humanas.

Por outro lado, apesar dos grandes desenvolvimentos das últimas décadas, a litosfera guarda ainda muitos dos seus segredos mais profundos, permitindo-nos por enquanto adquirir conhecimentos mais detalhados apenas dos primeiros quilómetros abaixo da cota zero. Construímos as nossas cidades e com elas viajamos em cima de jangadas de pedra que se entrecrocaram e precisamos de estudar como podemos antecipar os cataclismos que provocam. É uma área de grande alcance futuro, tanto mais que o desenvolvimento e o valor da infraestrutura edificada e tecnológica aumenta de forma crescente tornando o valor da sua perda crescentemente elevado a cada ano que passa, e incomensuravelmente mais elevado

relativamente aos milénios anteriores. Entretanto, é com métodos geológicos e geofísicos que descobrimos e exploramos os grandes reservatórios de petróleo e de minerais que fazem funcionar a economia à escala global. O desenvolvimento destas áreas científicas é vital para a sustentabilidade futura da economia planetária, cuja elasticidade é reduzida perante a redução mais ou menos rápida da extracção destes recursos.

A recente crise sísmica do Pacífico, assim como as inundações catastróficas ocorridas a 20 de Fevereiro de 2010 na Madeira, os tornados no centro de Portugal em 2010 e 2011 vêm lembrar como é importante fortalecer a capacidade nacional ao nível dos centros de estudo da fenomenologia planetária como meio para melhor defesa das pessoas e bens e da economia do país.

O CGE é, no quadro nacional, uma das instituições de referência em estudos da atmosfera e da litosfera. Desenvolvemos projectos com outras instituições nacionais e internacionais, participamos em redes observacionais nacionais e internacionais. Em alguns casos temos competências únicas ao nível nacional. Somos o único centro nacional que dispõe de equipamento LIDAR uma infraestrutura observacional para monitorização dos aerossóis atmosféricos. O CGE organizou de 7 a 10 de Fevereiro de 2011 o 10º Workshop da EARLINET-ASOS (European Aerosol Research Lidar Network - Advanced Sustainable Observation System), onde estiveram presentes os maiores especialistas europeus em detecção remota de LIDAR. Também somos actualmente o único centro nacional com registo contínuo da componente vertical do campo eléctrico atmosférico, com uma série iniciada em 2005. Estamos a organizar a "Global Conference on Global Warming – 2011", Lisboa. 11-14 de Julho, que contará com participação de especialistas vindos de várias partes do mundo, desde a China ao Canadá.

Esperamos, pois, merecer a atenção da sociedade e dos poderes públicos para a actividade que, com uma relativamente pequena mas competente equipa, desenvolvemos no CGE.

## GeoInformação

- No dia 3 de Fevereiro de 2011, o colega Mourad Bezzeghoud proferiu um seminário no Departamento de "Geosciences" da "École Normal Supérieure de Paris" (França) com o título: Seismicity along the Azores-Gibraltar Region and Global Plates' Kinematics.

-Mourad Bezzeghoud concluiu, no dia 8 de Fevereiro de 2011, com sucessos as provas de agregação.

- Nos dias 9 e 10 de Fevereiro de 2011, o colega Mourad Bezzeghoud participou, como arguente, em dois juris de tese de doutoramento da "Université Pierre et Marie Curie (Paris)" em associação com a "École Normal Supérieure de Paris" (França):

1. Maya Ilieva: Crustal deformations of shallow earthquakes in the Eastern Mediterranean studied by radar interferometry and seismology

2. Jean Roger: Tsunamis générés par des séismes au niveau de la zone de collision entre les plaques africaine et eurasiennne : études de cas pour l'évaluation du risque tsunami en Méditerranée occidentale et Atlantique nord

-Hugo Gonçalves da Silva recebeu, no dia de 21 de Fevereiro de 2011, o Prémio de Estímulo à Investigação da Fundação Calouste Gulbenkian, com o projecto "Physics of seismo-electromagnetic phenomena".

-Um membro do CGE deslocou-se a Timor, entre 28 de Fevereiro e 2 de Abril, para dar apoio na orientação das teses de 10 estudantes timorenses inscritos no ramo de Geologia do Mestrado em Ciências da Terra da Atmosfera e do Espaço. Esta acção realizou-se no âmbito do projecto de cooperação em curso, assinado entre a Universidade de Évora e a Secretaria de Estado de Recursos Naturais de Timor Leste.

-Reuniu, em Paris, de 9 a 11 de Março de 2011 o Steering Committee do Consorcio Internacional COPAL-EUFAR . A Professora Ana Maria Silva participou nesta reunião, na qualidade de Conselheira Científica da FCT neste Consorcio.

- Decorreu de 28 a 30 de Março de 2011 o 7º Simpósio de Meteorologia e Geofísica da APMG. Vários membros do CGE participaram na organização do evento tendo apresentado varias comunicações.

-A convite do Centro de Física Nuclear do IST a Professora Ana Maria Silva proferiu o Seminário "Atmospheric Aerosols and Climate" no dia 22 de Março de 2011

-Decorreu de 2 a 8 de Abril o EGU General Assembly 2011 . Vários membros do CGE organizaram duas sessões e participaram com várias comunicações.

-Decorreu, de 13 a 15 de Abril, em Munique, Alemanha, a "Conferência EOGC 2011 - Earth Observation of Global Changes", onde participaram membros do CGE

- No dia 11 de Abril de 2011, a colega Delphine Fitzenz proferiu um seminário no departamento de "Earth And Planetary Sciences (EAPS)" do MIT, Cambridge, MA, com o título: Investigating faulting behavior, from data to models and back.

- No dia 15 de Abril de 2011 decorreu a sessão do "annual meeting of the Seismological Society of America (SSA): Probabilistic Methods in Tectonophysics and Seismic Hazard Assessment". A colega Delphine Fitzenz participou como convenor, tendo apresentado um trabalho.

- Decorreu, em Coimbra, no dia 19 de Abril de 2011, o Workshop Nacional das Ciências Polares, onde participaram cinco membros do CGE com apresentação de comunicações (Ana Maria Silva, Daniele Bortoli e Pavan Kulkarni (Ciências Atmosféricas) e António Correia e Jorge Maciel (PaleoClima/Permafrost); para além da participação neste Workshop três destes membros integraram a Comissão Científica do referido Workshop (Ana Maria Silva, Daniele Bortoli e António Correia)

-De 26 a 29 de Abril de 2011 e a convite do Departamento de Física da Universidade de Granada, a Professora Ana Maria Silva deu duas aulas e 1 seminário no âmbito do Mestrado de Geofísica e Meteorologia da referida Universidade.

-Mourad Bezzeghoud foi convidado pela Global Earthquake Model (GEM) para participar no workshop "Seismic Hazard and Risk assessment in North-Africa: Standard earthquake risk and socio-economic impact" que terá lugar em Rabat (Marrocos) entre os 26 e 27 de Maio de 2011.

O grupo de Física da Atmosfera e Clima, organizou os seguintes seminários:

- Workshop da European Aerosol Research Lidar Network to Establish an Aerosol Climatology: EARLINET, de 7 a 10 de Fevereiro de 2011 no Colégio Luís Verney.

- Workshop on Lidar, 3 de Maio, Colégio L. Verney, Évora, Portugal.

Já está operacional o site do projecto de divulgação "Vem catalogar os sismos históricos da tua região – Vale Inferior do Tejo", projecto financiado pela FCT, da responsabilidade da colega Delphine Fitzenz <http://www.catalogarsismos.cge.uevora.pt/>. É objectivo deste site atrair pessoas ou instituições para participarem neste Projecto.

Este boletim está disponível na internet em

<http://www.cge.uevora.pt>

Todas as informações para o Geoboletim deverão ser enviadas até ao dia 1 de Setembro de 2011

Para mais informação, contactar:

**Maria Rosa Duque** Centro de Geofísica de Évora e Departamento de Física, ECT, Universidade de Évora [mrada@uevora.pt](mailto:mrada@uevora.pt)

## GeoAgenda

**25 May 2011 → 27 May 2011;** Fira, Santorini (Thera) Island, Greece – Seventh International Workshop on Statistical Seismology; <http://www.gein.noa.gr/statsei7>

**04 → 09 Jul 2011;** Ávila, Spain – Seventh Hutton Symposium on Granites and Related Rocks; <http://www.seventh-hutton.org/meeting/Welcome.html>

**20 → 27 Jul 2011;** Bern, Switzerland; INQUA – XXVIII Congress of the International Union for Quaternary Research; <http://www.inqua.tcd.ie/>

**27 Jun 2011 → 08 Jul 2011;** Melbourne, Australia, IUGG 2011 – XXV IUGG General Assembly: Earth on the Edge: Science for a Sustainable Planet; <http://www.iugg2011.com/>

**14 → 19 Aug 2011;** Prague, Czech Republic - Goldschmidt 2011; <http://www.goldschmidt2011.org/>

**29 Aug - 02 Sep 2011;** Maputo, Moçambique; 6º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia – "A Engenharia como Alavanca para o Desenvolvimento e Sustentabilidade"; <http://paginas.fe.up.pt/cime/2011/>

**06 → 11 Sep 2011;** Vienna, Austria – SlopeTecto 2011 – 2nd

Conference on Slope Tectonics; [http://www.geologie.ac.at/slope\\_tecto\\_2011/](http://www.geologie.ac.at/slope_tecto_2011/)

**20 Sep 2011 → 25 Sep 2011;** BARI, Italy - GEOMED 2011 – 4th International Conference on Medical Geology; [http://www.geomed2011.org](http://www.geomed2011.org;); <http://www.geomed2011.it/index.html>

**26 Sep 2011 → 08 Nov 2011;** Trieste, Italy – Advanced School on Understanding and Prediction of Earthquakes and other Extreme Events in Complex Systems; [http://cdsagenda5.ictp.trieste.it/full\\_display.php?ida=a10170](http://cdsagenda5.ictp.trieste.it/full_display.php?ida=a10170)

**09 Oct 2011 → 12 Oct 2011;** Minneapolis, MN, United States – Archean to Anthropocene: The Past is the Key to the Future; <http://www.geosociety.org/meetings/2011/>

**16 → 21 Oct 2011;** Beijing, China; ISRM 2011 – 12th International Congress on Rock Mechanics; <http://www.isrm2011.com/>

**16 → 21 Jul 2012;** Global Stone Congress, CEVALOR, Borba; [http://www.cevalor.pt/Globalstone/Site/Global\\_Stone\\_Congress\\_2012\\_-\\_Welcome\\_Page.html](http://www.cevalor.pt/Globalstone/Site/Global_Stone_Congress_2012_-_Welcome_Page.html)

**05 → 15 Aug 2012;** Brisbane, Queensland, Australia; 34th International Geological Congress; <http://www.ga.gov.au/igc2012>

Para mais informação contactar:

**Joaquim Luís Lopes** *Centro de Geofísica de Évora e Departamento de Geociências, ECT, Universidade de Évora - [lopes@uevora.pt](mailto:lopes@uevora.pt)*

## GeoArtigo

### Atmospheric Radioactivity

**Frank Wagner, Jana Preißler, and Juan Luis Guerrero-Rascado** *Centro de Geofísica de Évora, ECT, Universidade de Évora.*

Radioactive isotopes exist either primordial (since the forming of the first elements) or they are constantly formed through natural or anthropogenic processes. Today there are only a few primordial elements with very long half-life of hundreds of million years, for instance  $^{40}\text{K}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ , [1]. Short living radioactive isotopes are found in the atmosphere only, because they are constantly re-created either through cosmic radiation (examples:  $^3\text{H}$ ,  $^7\text{Be}$ ,  $^{10}\text{Be}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ ) or through the decay of long-living radioactive substances (examples:  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ), [1].  $^{222}\text{Rn}$  is a gas and it is emitted from the continental crust. Its most long-lived decay product is  $^{210}\text{Pb}$ . Both elements can be easily measured and hence they are very useful for scientific atmospheric investigations [2]. The concentration of radioactive elements in the atmosphere in general is determined by creation and decay processes.

In recent decades the concentration of radioactive substances in the atmosphere has been substantially altered by human activities. Tests of atomic bombs in the 50ies and 60ies and the disaster of the nuclear power plant of Chernobyl, Ukraine (26 April 1986) are two examples. Very recently the nuclear power plant in Fukushima, Japan was severely damaged by an earthquake together with a subsequent tsunami, and released radioactive isotopes into the atmosphere as well as into the ocean. Once the radioactive substances are injected into the atmosphere, they are spread world wide according to wind speed and wind direction. The University of Cologne simulated the dispersion of the radioactive plume (see [3]). However, as the radioactivity significantly decreased outside of Japan, these simulations were ceased on 2 May 2011 [3].

The human body is exposed to radioactive radiation through food, air, soil and other sources. This radiation usually is of natural origin and the human organism is able of defend against this natural radiation. However, disasters may lead to a strong increase of radioactive substances and hence radiation levels which exceeds the natural values by far. Therefore, the EU defined certain thresholds for food imported from countries contaminated after the catastrophe in Chernobyl and recently also for food imported from Japan thresholds were defined.

The impact of the radioactive radiation on the human body depends on the type of tissue which is affected and also to which extend it is exposed. First signs of radiation poisoning are headache, nausea and vomiting. They occur few hours after exposure to radioactive radiation. After slight poisoning, recovery is very likely. However, the immune system is often weakened for life and affected people often suffer from infection and have a higher risk of falling ill with cancer. More severe exposure to radioactive radiation can be fatal.

Many countries have established a national network of measurement stations in order to monitor the local doses of radioactivity in the atmosphere and to alert the authorities in case of radiological accidents. The links to the respective websites in Portugal [4], Spain [5], Germany [6] and France [7] are provided at the end of this article. There one can find additional information on this topic. Furthermore some measurement stations in the world are part of the monitoring stations for the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (for details see: [8]). The monitoring stations of the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty also detected radioactive nuclides from the Fukushima accident. A simple animation can be found at [9].

*Explanations:*

*Some nuclei of specific chemical elements are unstable. This leads to radioactive decay, a process of energy loss caused by the spontaneous emission of ionizing particles. This means, the atom decays without any interaction with another particle from outside the atom, in order to reach a more stable state. There are different types of decay processes causing different types of radiation, namely alpha, beta and gamma rays. Alpha particles are positively charged helium nuclei, consisting of two protons and two neutrons. They are much more massive than beta particles, which are negatively charged electrons. Beta particles result from the transformation of one neutron to one proton and one electron, which is emitted from the nucleus. Gamma radiation is very high-energy electromagnetic radiation.*

*Definitions and measured quantities [10, 11]:*

*\* The radioactivity with the unit Bq (Becquerel) is a measure for the radiation from the decay of a material during a certain time.*

*\* The absorbed radiation dose of ionizing radiation with the unit Gy (Gray) is a measure for the amount of energy absorbed by one kilogram of human tissue.*

*\* The dose equivalent radiation with the unit Sv (Sievert) is a measure for the biological effect on the human body, which regards different effects of the different types of radiation by means of a weight factor.*

*\* The radioactive contamination with the unit Sv per time unit (hour, year) is a measure for the impact of the radiation on the human body during a certain time period.*

*Some comments on radioactive substances which were reported in the news (explanations from [10]):*

*\* Cesium is a harmless metal. But its nuclides  $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$  are very dangerous. They are created by nuclear fission and have a*

*half-life up to 30 years. In the human body they are embedded in muscles and nerves where they do their destructive work.*

*\* Iodine is important for the thyroid. Radioactive iodine  $^{131}\text{I}$  and  $^{133}\text{I}$  has a half-life of about 8 days. But once it is inhaled and reaches the thyroid it might cause cancer in the long run.*

*EU threshold values [11]:*

*On 8 April 2011 the European community adapted existing threshold values. For the  $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$  a limit value for food of 500 Bequerel per kilogram is valid and for baby as well as infant food the values are lowered for Cesium from 400 to 200 and for Iodine from 150 to 100 Bequerel.*

## References

- [1] <http://www.iup.uniheidelberg.de/institut/studium/lehre/Atmosphaerenphysik/script2/isotope.pdf>
- [2] Graedel, T.E. and P.J. Crutzen (1993): Chemie der Atmosphäre, Spektrum Akademischer Verlag, 511 pp., also published in English ("Atmospheric Change: An Earth System Perspective")
- [3] <http://db.eurad.uni-koeln.de/prognose/radio.html>
- [4] [http://www2.apambiente.pt/portal/page?\\_pageid=73,408080&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL&docs=10139300&id\\_doc=6085](http://www2.apambiente.pt/portal/page?_pageid=73,408080&_dad=portal&_schema=PORTAL&docs=10139300&id_doc=6085)
- [5] [http://www.csn.es/index.php?option=com\\_content&view=article&id=70&Itemid=102&lang=es](http://www.csn.es/index.php?option=com_content&view=article&id=70&Itemid=102&lang=es)
- [6] [http://www.bmu.de/strahlenschutz/ueberwachung\\_der\\_umweltradioaktivitaet/leitstellen/doc/39556.php](http://www.bmu.de/strahlenschutz/ueberwachung_der_umweltradioaktivitaet/leitstellen/doc/39556.php) <http://www.bfs.de/bfs/http://odlinfo.bfs.de/>
- [7] <http://www.irs.fr/FR/Documents/france.htm>
- [8] <http://www.ctbto.org/>
- [9] <http://db.eurad.uni-koeln.de/prognose/data/alert/animation.gif>
- [10] [http://www.br-online.de/wissen/forschung/strahlung-radioaktivitaet-gesundheit-ID1300092930885.xml?\\_requestid=73142](http://www.br-online.de/wissen/forschung/strahlung-radioaktivitaet-gesundheit-ID1300092930885.xml?_requestid=73142)
- [11] <http://www.spiegel.de/wissenschaft/technik/0,1518,754389,00.html>

## GeoArtigo

**O Acidente da Central de Fukushima Daiichi**

**Rui Namorado Rosa** Centro de Geofísica de Évora e Departamento de Física, ECT, Universidade de Évora

A 11 de Março, na altura em que ocorreu o desastre natural, havia onze reactores nucleares a operar em quatro centrais naquela região nordeste do Japão. O sismo desencadeou automaticamente o seu "encerramento" imediato. Mas com a chegada do tsunami, falhas de segurança afectaram três dos reactores de Fukushima Daiichi no imediato, e passados cinco dias um quarto reactor.

A central em Daiichi situa-se junto à costa do Pacífico. A central compreende reactores tipo BWR (Mark1) de fabrico GE e Toshiba, sobre projecto que data da década de 60, tendo entrado ao serviço no início da década de 70; os reactores afectados tinham de potência entre 460 (o primeiro) e 784 MWe (os restantes) e contavam de 36 a 40 anos de serviço.

As normas exigem que o projecto de centrais nucleares preveja a actividade sísmica. Esta central (em Daiichi) estava preparada para que os dispositivos de segurança fossem activados por uma aceleração de 135 Gal (1 Gal  $\approx$  0,001 g) e que as funções de segurança se mantivessem actuaes a um nível que, em 2008, terá sido elevado para 600 Gal (aceleração horizontal). No presente acidente, a aceleração chegou a atingir 550 Gal. Quanto ao tsunami, a altura de projecto previa 5,7 m, ainda que a central fosse construída cerca de 10 metros acima do nível do mar. Porém a

altura da vaga tsunami terá atingido cerca de 15 m e o hall das turbinas de Daiichi foi de facto inundado com uma toalha de água de 5 m de altura.

O epicentro deste sismo de magnitude excepcional estava localizado a 160 km de Fukushima, e a altura do tsunami na origem estima-se em 23 m. Os registos parecem indicar que a altura do tsunami agora verificado não é tão excepcional naquela parte do mundo quanto a magnitude do sismo que o gerou.

A aceleração do solo no local das centrais por acção do sismo (atingindo cerca de 500 Gal), desencadeou os mecanismos de suspensão da reacção nuclear, e bem assim activou o sistema de remoção de calor residual; notar que o circuito de arrefecimento normal via turbinas e condensadores deixa de ser eficaz com a suspensão da "combustão nuclear" (que corresponde à reacção nuclear em cadeia sustentada ao nível normal de operação). Ora o sismo provocou a perda de abastecimento de electricidade, própria ou da rede, necessária ao accionamento das bombas de circulação, pelo que os geradores eléctricos de emergência tiveram de arrancar, como programado, mas foram depois atingidos, passado quase uma hora, quando as caves das casas das turbinas (e bombas) foram alagadas pelo tsunami.

Foi então dado alarme e início de evacuação de populações na vizinhança da central, enquanto as equipas técnicas procuravam restabelecer o abastecimento eléctrico, até que passadas nove horas chegaram unidades geradoras móveis.

Uma hora após a suspensão da “combustão nuclear” a libertação de energia térmica estaria reduzida a cerca de 2% da potência nominal do reactor (calor devido à desintegração de produtos de fissão de vida curta). Mas na falta de um circuito de arrefecimento, essa geração de calor é suficiente para continuar a produzir vapor e a elevar a temperatura e a pressão no interior do contentor do reactor e seu circuito de arrefecimento (cujos valores normais em operação eram cerca de 300 °C e 70 bar). Nestas circunstâncias, os elementos de combustível perderam a sua integridade (dando-se a fusão de partes do núcleo do reactor). A integridade do circuito de arrefecimento e do contentor do reactor ficou igualmente comprometida, podendo fracturar de forma mais ou menos súbita (explosiva) e extensa, tendo como consequências a libertação e projecção de vapor contaminado com produtos de cisão mais voláteis, e a perda de água do núcleo do reactor. Tal terá acontecido em duas das unidades da central Fukushima Daiichi. Por outro lado, a temperatura exageradamente elevada, o revestimento metálico dos elementos de combustível oxida-se em contacto com o vapor de água, libertando hidrogénio o qual, por sua vez combinado com o ar, provocará deflagrações (químicas). Tal foi registado também pelo menos em duas das unidades da central. Por uma e outra via, material radioactivo foi e é emitido para a atmosfera na forma de gases e aerossóis, para vir a depositar-se no solo e no mar a menor ou maior distância.

Entretanto, a injeção de água necessária à continuação do arrefecimento dos núcleos, para superar a perda de água dos próprios reactores enquanto as fracturas e fugas de água não puderam ser localizadas e neutralizadas, contribuiu também para a dispersão de material radioactivo e a contaminação de solo, aquíferos e água do mar.

O acidente foi agravado pela circunstância de perda de água de piscinas de armazenamento, onde elementos de combustível já irradiado estagiam para “arrefecimento”.

Em vista da libertação abundante de material radioactivo para o ambiente exterior, o acidente foi classificado de grau sete na escala INES. Estes reactores foram estabilizados ao longo das semanas subsequentes, mediante o estabelecimento de circulação de arrefecimento alternativa e deverão ser completamente controlados térmica e nuclearmente no curso dos próximos meses.

Três reactores e duas piscinas de armazenamento/arrefecimento ficaram inutilizados. O seu desmantelamento futuro será depois ponderado, em vista da grande dificuldade técnica de acessibilidade e de remoção de material sólido altamente radioactivo. Quatro reactores acidentados ficarão inoperacionais, retirando da rede eléctrica uma potência de cerca 2700 MW.

Este grave acidente suscita algumas breves considerações.

O acidente ocorreu numa região particularmente vulnerável, e a localização das centrais parece questionável. O acidente ocorreu na sequência de um desastre natural, que teve uma magnitude que parece ter ultrapassado o termo de referência estabelecida para o projecto da central.

Os reactores afectados são de primeira geração, já em fim de vida, que aliás já fora objecto de extensão.

São apontadas graves relações cúmplices entre empresas do

sector eléctrico (concretamente a TEPCO neste caso) e a entidades reguladora em matérias de inspecção e licenciamento (NISA), permissivas de ocultação e complacência em matérias de segurança. A troca de posições de gestores e técnicos entre as duas entidades, e entre estas e a administração do estado, terá contribuído para praticas permissivas, favoráveis quer aos interesses da indústria electroprodutora quer aos próprios objectivos do governo - a expansão do parque electroprodutor.

As centrais nucleares presentemente em projecto ou construção são de terceira geração. Entretanto, estão em curso programas internacionais trabalhando na recuperação de conceitos de reactores nucleares intrinsecamente mais seguros e eficientes e de ciclos de combustível geradores de menores fluxos de resíduos radioactivos, os quais deverão constituir uma denominada quarta geração.

Mas como vimos, a questão do risco e da segurança nuclear, sendo de substancia técnica, é de igual modo uma questão social e política que implica a esclarecida e isenta direcção do estado.

#### Bibliografia

- Fukushima Accident 2011, World Nuclear Association, updated 27 April 2011.

[http://www.world-nuclear.org/info/fukushima\\_accident\\_inf129.html](http://www.world-nuclear.org/info/fukushima_accident_inf129.html)

- Culture of Complicity Tied to Stricken Nuclear Plant, Norimitsu Onishi and Ken Belson, New York Times, April 26, 2011.

<http://www.nytimes.com/2011/04/27/world/asia/27collusion.html>

- The International Nuclear and Radiological Event Scale, International Atomic Energy Agency, 2011.

<http://www-ns.iaea.org/tech-areas/emergency/ines.asp>

- How to Tear Down a Nuclear Power Plant [Slide Show], David Biello Scientific American, April 29, 2011

<http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=how-to-tear-down-a-nuclear-reactor>

- Fuelling Innovation - Countries look to the next generation of nuclear power, Judith Perera, International Atomic Energy Agency, Bulletin 46/1

[http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull461/fuelling\\_innovation.html](http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull461/fuelling_innovation.html)



Imagem retirada de <http://www.citypictures.org/r-east-asia-147-japan-230-fukushima-347-fukushima-nuclear-6257.htm>

## GeoArtigo

**Efeitos da contaminação radioactiva nos aquíferos em caso de acidente nuclear**

**António Chambel** *Centro de Geofísica de Évora, Departamento de Geociências, ECT, Universidade de Évora.*

Quando ocorre um acidente nuclear, do tipo do que sucedeu em Fukushima, no Japão, as consequências fazem-se sentir em todo o ciclo da água. Para além das consequências imediatas sobre linhas de água próximas e sobre o aquífero situado por baixo, as radiações emitidas para a atmosfera terminam invariavelmente no meio hídrico, através da precipitação ou da deposição seca. Esta deposição ocorre de forma natural, pois muitos dos radionuclídeos que atingem a atmosfera são átomos pesados, com tendência para uma deposição relativamente rápida. Outros radionuclídeos, menos pesados, podem ter deslocamentos importantes na atmosfera, levando a contaminação a distâncias consideráveis.

Não existindo ainda dados disponíveis para a região de Fukushima, pode-se no entanto ter uma ideia sobre a evolução a esperar na afectação dos recursos hídricos subterrâneos a partir do exemplo de Chernobyl, agora já bem estudado. Nas imediações da Central de Chernobyl atingida pelo desastre nuclear de 1986, os riscos maiores estão associados à presença de  $^{137}\text{Cs}$  e  $^{90}\text{Sr}$ , ambos presentes em proporções idênticas no solo até cerca de 30 km da central, na zona de exclusão imposta. Dentro destes, o  $^{90}\text{Sr}$  corresponde ao contaminante radioactivo primário de maior preocupação para a hidrogeologia, devido à sua capacidade de migração na água subterrânea (Bugai et al. 1996, 1997).

Em Chernobyl existe um aquífero livre superior e um aquífero confinado por baixo. O aquífero superior era considerado vulnerável, e o inferior foi considerado protegido da contaminação, uma vez que as suas águas tinham centenas de anos e tinha por cima uma camada geológica considerada impermeável. No entanto, os estudos publicados por Bugai et al. em 1997 mostravam que, apesar de em muito menores concentrações do que no aquífero superior, o aquífero inferior apresentava já sinais de contaminação quer radioactiva, quer por nitratos, a primeira claramente ligada ao acidente de Chernobyl, ocorrido em 1986, e a segunda proveniente de fertilizantes azotados utilizados na área desde os anos 70, o que significa que a protecção geológica não é efectiva.

As áreas mais afectadas por contaminação radioactiva nas águas subterrâneas encontram-se dentro da zona de exclusão de 30 km em redor da central e no aquífero superior. Na zona periférica à zona de exclusão, existe contaminação, mas os níveis radioactivos não atingem os limites máximos estabelecidos por lei para abastecimento público (Bugai et al 1997). No entanto, fora da zona de exclusão, em 1997 surgiam por vezes poços com níveis de radiação acima do permitido pela legislação, o que mostrava que não se dominavam todas as variáveis que condicionam os circuitos dos radioisótopos nas águas subterrâneas e as transferências destes entre o solo e a água.

De modo a avaliarem as consequências para a saúde humana resultantes da migração do  $^{90}\text{Sr}$  Bugai et al. (1996) estudaram, em Chernobyl, as consequências dessa migração para a saúde humana e confrontaram as hipóteses dos custos de remediação do aquífero em função dos ganhos para a saúde que daí adviriam. Para tal utilizaram um modelo analítico simples que reproduzia as condições de migração do radionuclídeo  $^{90}\text{Sr}$  a partir dos solos contaminados até à água subterrânea, chegando à conclusão que,

apesar das condições ambientais desfavoráveis na zona de exclusão de 30 km, o transporte de radionuclídeos na água subterrânea pode ser considerado negligenciável para o risco radiológico, em função dos restantes contributos, principalmente o arraste de radionuclídeos através das águas superficiais a partir da planície aluvial e de toda a bacia hidrográfica durante a fusão dos gelos na primavera e nos períodos de precipitação.

Embora a afectação e transporte de contaminantes na água subterrânea dependa das características específicas de cada aquífero e da espessura e composição da zona não saturada, o que pode influir na mobilidade da entrada do contaminante no aquífero, a capacidade depuradora do meio hídrico subterrâneo parece ser suficiente, no caso de Chernobyl, para obviar a maior parte das consequências negativas de uma concentração elevada de radionuclídeos nas águas subterrâneas, com uma componente importante dos mesmos a ficar retida na rocha que compõe o aquífero. Chama-se no entanto a atenção que este estudo não aponta este facto como negligenciável em si, mas como negligenciável em função das restantes fontes de radionuclídeos na área (solos, águas superficiais, alimentos).

Tem sido recorrente em Chernobyl a sugestão de efectuar uma remediação no aquífero contaminado, mas a operação é tão dispendiosa que a sugestão dos autores (Bugai et al. 1996) era nessa altura de investir as verbas nos tratamentos de saúde e não na descontaminação do aquífero.

A indicação é para continuar a monitorizar atentamente a qualidade das águas subterrâneas em toda a zona de exclusão e nas suas imediações no que concerne aos conteúdos em radionuclídeos, no sentido de perceber o seu comportamento a longo prazo, em especial nas zonas que hoje constituem abastecimentos públicos com base em águas subterrâneas.

Em relação a Fukushima, embora se desconheçam as condições locais do aquífero, o facto desta central nuclear se encontrar próxima do mar, onde praticamente todos os aquíferos costeiros acabam por descarregar as suas águas, leva a crer que a situação das águas subterrâneas poderá ser mais favorável ainda que em Chernobyl, pois a zona de solos mais contaminados ficará muito próxima da zona de descarga, e qualquer contaminação que entre nessa zona tenderá a deslocar-se na direcção de exsurgências sob o mar, arrastando os radionuclídeos para o oceano, onde o grau de contaminação directa é seguramente de ordem de magnitude muito superior à proveniente das águas subterrâneas.

**Bibliografia**

- Bugai DA, Waters RD, Dzhepo SP, Skal'skij AS 1996. Risks from radionuclide migration to groundwater in the Chernobyl 30-km zone. *Health Phys.*, 71(1): 9-18.
- Bugai DA, Shestopalov VM, Rudenko YF, Onischenko IP, Gudzenko IP, Bubyas VN 1997. Effects of the Chernobyl accident on radioactive contamination of groundwater utilized for water supply. Report, Key documents of IAEA, International Nuclear Information System (INIS), [http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/29/013/29013419.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/29/013/29013419.pdf).



**GeoArtigo*****Encontro dos maiores especialistas europeus em detecção remota de LIDAR, promovido na Universidade de Évora pelo Centro de Geofísica de Évora no âmbito do 10º Workshop da EARLINET- ASOS***

**Frank Wagner, Jana Preißler, Juan Luis Guerrero-Rascado, and Ana Maria Silva** *Centro de Geofísica de Évora, ECT, Universidade de Évora*

O Centro de Geofísica de Évora organizou de 7 a 10 de Fevereiro de 2011 o 10º Workshop da EARLINET-ASOS (European Aerosol Research Lidar Network - Advanced Sustainable Observation System) com o apoio do Programa FAAC da FCT. Este consórcio suportado pela Comunidade Europeia no âmbito do 6º Programa Quadro, através de um dos seus Projectos "Structuring the European Research Area Specific Programme - Research Infrastructures Action" com a duração de 5 anos e início em Março de 2006. O Consórcio EARLINET, foi criado em 2000 e celebrou o seu 10º aniversário no ano de 2010. Em 2009 o Centro de Geofísica de Évora foi integrado como membro neste consórcio através da sua participação com um sistema LIDAR RAMAN de 6 canais, adquirido no âmbito do Programa Nacional de Re-equipamento Científico da FCT e alguma participação financeira do projecto de investigação do CGE PTDC/CTE-ATM/65307/2006. Com esta entrada na EARLINET, o CGE passou a beneficiar das competências dos melhores especialistas europeus nestes domínios bem assim como de toda a informação e dados disponibilizados através da EARLINET, através dos workshops e Webpage ([www.earlinet.org](http://www.earlinet.org)). Para além da integração na EARLINET o CGE também passou a partir de 2009 a integrar a congénere Rede Ibérica de Lidares SPALINET (Spanish and Portuguese Aerosol Lidar Network) (<http://www.lidar.es/spalinet/en>) O principal objectivo dos Workshop da EARLINET, consiste em aperfeiçoar a infraestrutura observacional dos aerossóis atmosféricos, aumentando a cobertura espaço-temporal das observações e garantindo a qualidade das mesmas, a normalização dos procedimentos e dos produtos que são obtidos a partir desta rede

Com a EARLINET pretende construir-se uma base de dados estatística consistente com a distribuição horizontal, vertical e temporal dos aerossóis atmosféricos, à escala Europeia, pelo que a maior parte das observações deve obedecer a determinados protocolos e regime temporal pré estabelecido. Poderão ser feitas observações adicionais que pretendam responder especificamente a questões pontuais (no espaço ou no tempo). Como metodologia

de suporte às observações regulares da EARLINET são utilizadas as análises de Rectro-trajectórias obtidas a partir dos modelos de Previsão numérica do tempo

Os Workshops da EARLINET são organizados duas vezes no ano em diferentes cidades europeias e pela primeira vez foi organizado em Portugal. Tem uma duração típica de três dias, que foram prolongados de mais um dia para ser possível confrontar os dados das campanhas de inter-comparação que são anualmente organizadas. Neste sentido o LIDAR multicanal do CGE participou pela primeira vez numa campanha de inter-comparação que ocorreu em Outubro de 2010 em Madrid, tendo envolvido a participação de vários sistemas lidar de Espanha e Itália

Este workshop organizado pelo CGE estava inicialmente previsto para Abril de 2010, mas teve que ser cancelado devido à erupção do vulcão Eyjafjallajökull na Islândia que obrigou ao cancelamento do tráfego aéreo. Por outro lado este episódio foi objecto de um programa intenso de observações por parte de todos os membros da EARLINET, das quais já resultaram diversas publicações em revistas de referee e diversas outras em preparação.

O 10º Workshop da EARLINET-ASOS em Évora foi o último que foi organizado no âmbito deste Consórcio e envolveu 57 investigadores de 13 países europeus, representando 27 estações de observação. Este workshop foi particularmente interessante do ponto de vista científico e um sucesso do ponto de vista da sua organização tendo merecido formalmente os maiores elogios dos participantes e da responsável científica da EARLINET a Dr<sup>a</sup>. Gelsomina Pappalardo. Contribui para aumentar a visibilidade do CGE e de Portugal na comunidade científica internacional de detecção remota de LIDAR e reforçou a cooperação entre o CGE e a EARLINET. O resultado deste reforço já foi materializado na participação do CGE como parceiro associado no novo Projecto Europeu ACTRIS (Aerosols, Clouds and Trace gases Research InfraStructure Network) financiado pelo 7º Programa Quadro.

Em baixo a fotografia dos participantes no Workshop da EARLINET em Évora.



## GeoArtigo

**O Sismo de Tohoku de 11 de Março de 2011 (Japão)\***

**Mourad Bezzeghoud, José Fernando Borges e Hugo Silva** *Centro de Geofísica de Évora e Departamento de Física, ECT, Universidade de Évora*

**Introdução**

O Japão está rodeado por 4 placas tectónicas: Pacífico, Norte-americana, Filipinas e Euroasiática. A elevada taxa de deslocamento relativo entre estas placas faz deste país um dos mais sísmicos do globo. O sismo de 11 de Março de 2011 de magnitude 9.0 (USGS: <http://earthquake.usgs.gov>) denominado por "sismo de Tohoku", ocorreu perto da costa nordeste de Honshu (a 125 km de Sendai, Japão) e teve como origem uma falha de tipo compressivo na proximidade da zona de subducção gerada pelo encontro das placas do Pacífico e Euroasiática (Fig. 1). Estes dois grandes blocos litosféricos estão sujeitos a um movimento contínuo de convergência, estimado em cerca de 8.3 cm/ano, o qual gera uma enorme pressão na fronteira entre as duas placas (ambas de natureza oceânica) tendo como consequência o mergulho - que inicia a sua descida na Fossa do Japão - de uma das placas (a do Pacífico) sob a outra, num processo designado por subducção.

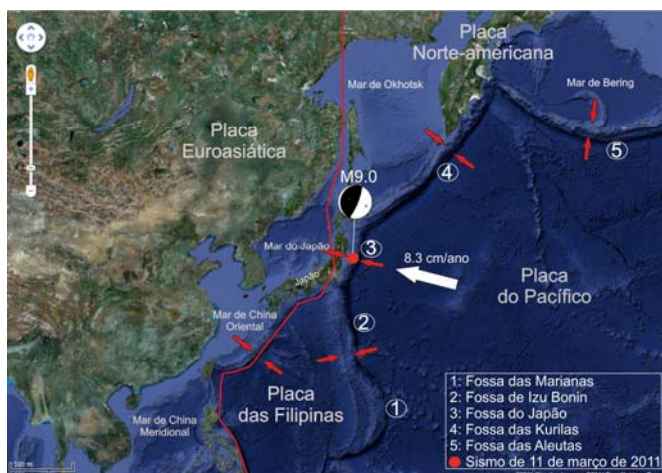


Figura 1: O sismo de 11 de Março de 2011 (Mw9.0) (círculo amarelo) no contexto da tectónica de placas. O movimento tectónico do sismo está indicado pelo mecanismo inverso (USGS, wphase CMT, ver Tabela 1). As setas vermelhas indicam o movimento convergente das placas.

O sismo principal, localizado a cerca de 373 km de Tóquio, foi precedido por uma série de grandes eventos premonitórios que

ocorreram dois dias antes do sismo principal (09 de Março com M7.2 seguido por 3 eventos de magnitude M6).

Os modelos de ruptura obtidos a partir dos registos sísmicos mostram que o sismo principal rompeu uma zona com uma dimensão aproximada de 610 x 270 km<sup>2</sup>, localizada entre as latitudes N35° e N41°, área pela qual se distribuem as replicas deste evento (Tabela 1) e na qual o deslizamento máximo na fonte atingiu os 40 m. O sismo principal foi seguido de mais de 888 replicas entre os dias 11 de Março e 2 de Abril (4.2 ≤ M ≤ 7.9). A elevada magnitude do sismo de Tohoku, a fraca profundidade hipocentral (24 km da superfície, ver Tabela 1), e o tipo de deformação produzido no fundo oceânico, caracterizado por uma forte componente vertical, justificam o desenvolvimento de um forte Tsunami que se propagou por todo o oceano Pacífico, embora com maior incidência na costa japonesa; relatos do porto de Sendai (130 km do epicentro) indicam que a altura da onda poderá ter atingido 10 m. O efeito combinado do sismo e das inundações desencadeadas pelo tsunami provocou, segundo as autoridades japonesas, mais de 27.000 vítimas e um incidente nuclear de proporções catastróficas na central nuclear de Fukushima (178 km do epicentro). Outra consequência foi a subsidência, em grande parte, a costa do Pacífico da região de Tohoku e a parte norte da região de Kanto, tendo como consequência o aumento do risco de inundação nessas regiões (<http://www.jma.go.jp/jma/en>).

**Sismicidade histórica e lacuna sísmica**

No contexto da sismicidade histórica, o sismo de 11 de Março de 2011 foi uma catástrofe fora do comum, muito superior a outros terremotos dos séculos XX e XXI que, tendo ocorrido na parte sul da Fossa do Japão, não atingiram magnitude 9.0 (Fig. 2, sismos com M ≥ 8.0). Registos escritos e provas geológicas contidas em depósitos de areias sugerem que um terramoto com características semelhantes poderá ter ocorrido a 13 de Julho de 869, quando a área de Sendai foi varrida por um forte tsunami. Na proximidade da zona do presente sismo, 9 eventos sísmicos de M ≥ 7.0 foram registados desde 1973, atingindo a magnitude 7.8 (260 km a norte do sismo de 11 de Março) em 1994 (Fig. 3, sismos com M ≥ 7.0). Em Junho de 1978 um terremoto de M7.7 com epicentro 35 km a sudoeste do epicentro do sismo de Tohoku (11 de Março) (Fig. 2).

Tabela 1: Parâmetros da fonte sísmica do sismo de 11 de Março de 2011 (Tohoku, Japão) determinados com o método "wphase centroid moment tensor" (USGS).

Data e hora	Lat.	Long.	H (km)	Azimute (strike)	Inclinação (dip)	Desligamento (slip)	M <sub>0</sub> (Nm)	M <sub>w</sub>
11/03/11 05:46:23.00	38.321	142.369	24	193°	14°	81°	3.9*10 <sup>22</sup>	9.0

M<sub>0</sub>: Momento sísmico [M<sub>0</sub> = rigidez x área da ruptura x deslocamento médio];

M<sub>w</sub>: Magnitude momento [M<sub>w</sub> = (2/3)logM<sub>0</sub> - 10.7, M<sub>0</sub> em Newton-metros]

\* Um artigo completo está "in press" no próximo *newsletter* (MALEO) editado pela Sociedade Geológica de Portugal (<http://www.socgeol.org/publications/8/show>)



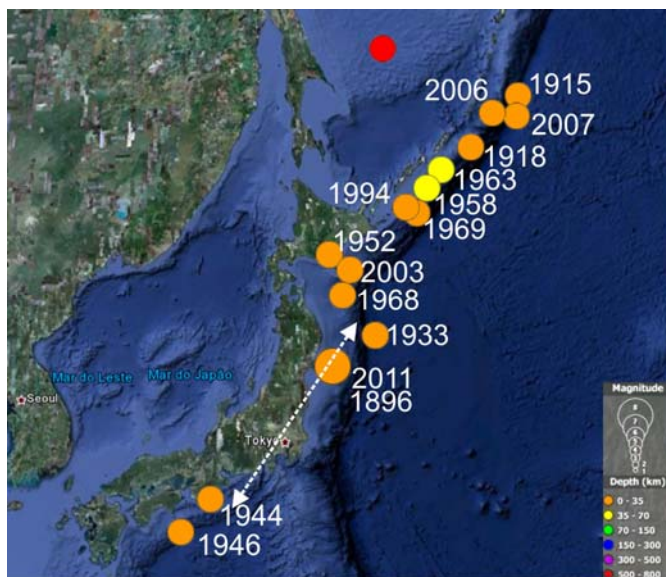


Figura 2: Distribuição espacial dos sismos de  $M \geq 8.0$ , na região do Japão, para o período compreendido entre 1896 e Março de 2011 (Dados USGS). A linha branca a tracejado indica a presença de uma lacuna sísmica.

Outros grandes terremotos ocorridos nesta zona de subducção em 1611, 1896 e 1933 produziram tsunamis devastadores na costa Sanriku no Oceano Pacífico a nordeste do Japão (Figs. 2 e 3).

As figuras 2 e 3 mostram a existência de uma lacuna sísmica (zona onde supostamente é acumulada tensão ainda não libertada). Esta lacuna, silenciosa desde 1896, atingiu o seu limite crítico no dia 11 de Março 2011 depois de um intenso processo de acumulação de tensões que durou mais de 110 anos (Figs. 2 e 3). Há que salientar que o segmento mais a sul, com cerca de 300 km de comprimento, cuja área poderá corresponder a um sismo de magnitude 8.0, ainda não rompeu (Figs. 2 e 3) e poderá ser o próximo.

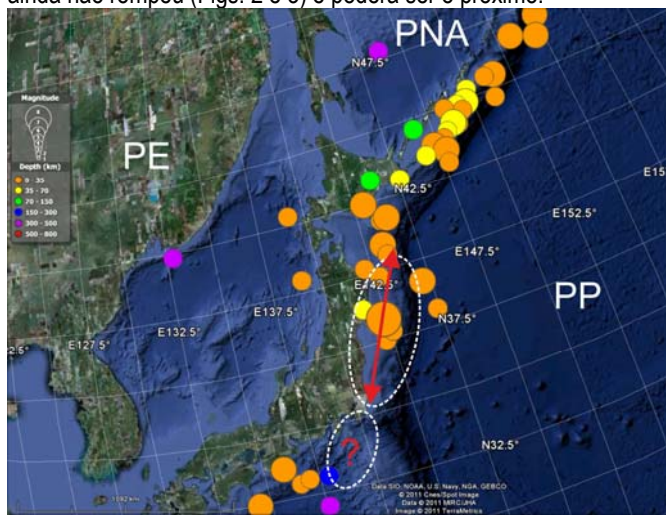


Figura 3: Distribuição espacial dos sismos de  $M \geq 7.0$ , na região do Japão, para o período compreendido entre 1896 e Março de 2011 (dados USGS). A grande elipse branca a tracejado e a seta vermelha indicam a lacuna sísmica que foi rompida pelo sismo de 11 de Março (Mw9.0). A pequena elipse branca, a tracejado, e o ponto de interrogação indicam a lacuna que continua "silenciosa".

#### Sismicidade instrumental e a zona de subducção

A figura 4 mostra a actividade sísmica desde 1973 até Março de

2011 na zona que gerou o forte sismo de 11 de Março. Nesta figura - representação em corte da profundidade hipocentral - mostra claramente a zona de subducção relacionada com o sismo de Mw9.0, ou seja, o plano de mergulho da placa do Pacífico na região da Fossa do Japão. Como mostra a secção transversal da figura 5, os hipocentros encontram-se distribuídos ao longo do plano de subducção, sendo mais superficiais (cor laranja) os que se encontram junto à região da fossa e aumentando progressivamente de profundidade até mais de 600 km (cor vermelha), à medida que se progride para oeste e ocorre o mergulho da placa do Pacífico sob a do Japão (Figs 4 e 5).

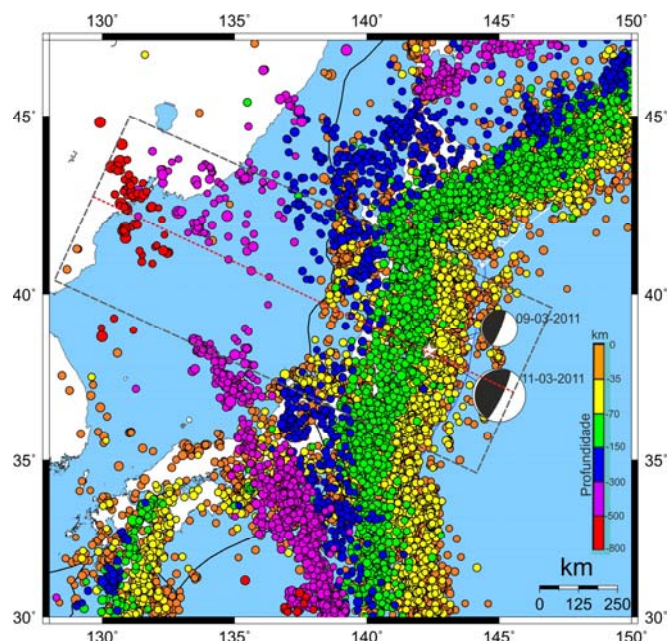


Figura 4: Distribuição espacial da sismicidade, na região do Japão, para o período compreendido entre 1973 e 11 de Abril de 2011 (dados USGS). Os sismos localizados no interior do rectângulo foram projectados num corte transversal ao longo de um plano, indicado pela linha vermelha a tracejado, em função da profundidade apresentada na figura 8. Os círculos a preto e branco representam os mecanismos focais (mecanismo de falha inversa) dos sismos de 09/03/2011 (Mw7.2) e de 11/03/2011 (Mw9.0).

#### Lições para Portugal

O sismo de 1 de Novembro de 1755 foi um dos mais destrutivos de que há memória tendo sido sentido em toda Europa e Norte de África. Com uma taxa de deformação de cerca de 5 mm/ano (muito mais lento que na placa do Pacífico que atinge o valor de 83 mm/ano), pode concluir-se que um sismo de magnitude semelhante ao de 1755 deverá ter um período de retorno de mais de 500 anos. O elevado período de retorno deste sismo não constitui, por si só, motivo de tranquilidade, dado que é sempre possível que ocorra nesta mesma margem, mas mais próximo de terra, um sismo de magnitude inferior ao de 1755 ( $7.0 \leq M \leq 8.0$ ), mas com igual poder destrutivo em zonas densamente habitadas como a bacia do Tejo ou o litoral algarvio. Devemos estar cientes de que a responsabilidade na minimização do risco sísmico é coletiva e, por isso, é necessário manter um estado de permanente alerta e exigir que sejam tomadas as medidas que se impõem. É necessário ainda que todo o cidadão seja conhecedor do fenómeno sísmico, da sua génese e distribuição geográfica, e esteja plenamente consciente do risco associado à região em que vive (<http://www.catalogarsismos.cge.uevora.pt/>).

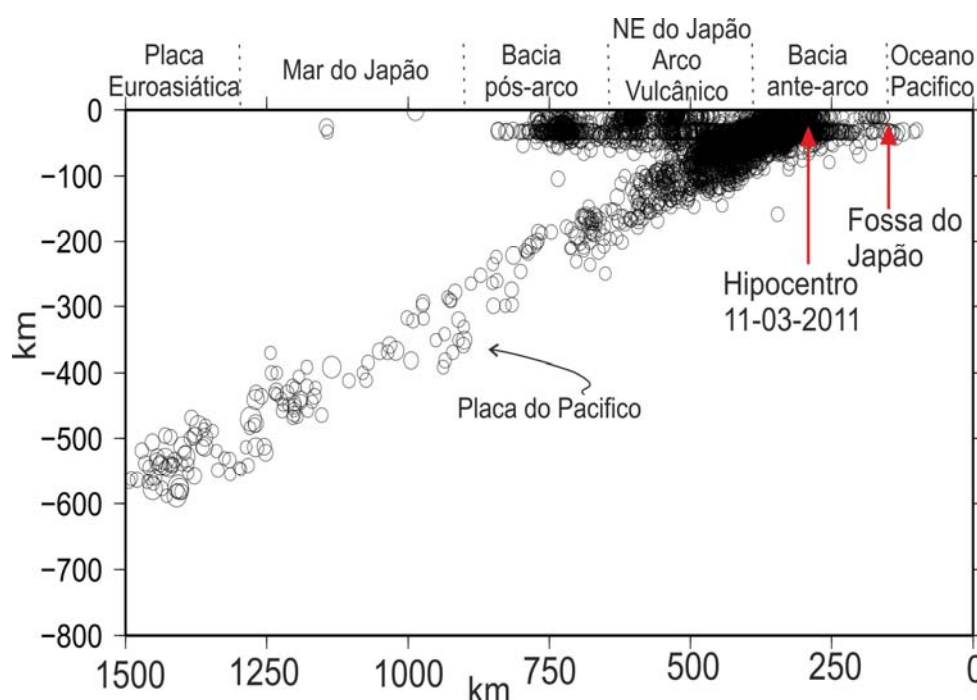


Figura 5: Corte transversal, segundo o rectângulo mostrado na figura 4, em que se podem observar os hipocentros dos sismos (de 1973 a 11 de Abril de 2011) associados à zona de subducção (ou zona de Wadati-Benioff) associada ao sismo de 11 de Março de 2011 (Japão).

#### Referências

GEO - Group on Earth Observation: <http://supersites.earthobservations.org/main.php>

JMA - Japanese Meteorological Agency: <http://www.jma.go.jp>

USGS - National Earthquake Information Center: <http://neic.usgs.gov>



Casas em Natori (Japão) foram apanhadas numa muralha de água de 10m de altura devido ao tsunami gerado pelo sismo de 11 de Março de 2011 (<http://www.bbc.co.uk/news/world-asia-pacific-12709791>).

#### Geo-Seminário

14 de Janeiro de 2011

#### **A METEOROLOGIA NA PREVENÇÃO E REDUÇÃO DO IMPACTO DOS DESASTRES NATURAIS**

**Teresa Abrantes** Directora do Departamento de Observação e Vigilância Meteorológica do Instituto de Meteorologia

A Meteorologia tem um papel essencial na prevenção e mitigação

dos desastres naturais, uma vez que cerca de 90% de todos os riscos naturais se relacionam com o tempo, o clima e a água. Deste modo, a Organização Meteorológica Mundial, OMM, e designadamente os Serviços Meteorológicos de cada país desempenham um papel fundamental na prevenção e na redução do impacto dos desastres naturais, o que constitui uma questão de primeira prioridade.



As actividades socio-económicas dependem em larga escala das condicionantes tempo e clima, estando directamente relacionadas com estas variáveis e sofrendo a sua influência. A crescente preocupação com as causas e consequências resultantes das alterações climáticas surge como um pilar essencial no processo de prevenção e mitigação dos desastres naturais.

Os efeitos económicos dos desastres naturais têm vindo a revelar uma nítida tendência ascendente nas últimas décadas. Note-se, ainda, que os países em desenvolvimento, particularmente os Países Menos Desenvolvidos (PMD) são mais afectados por esses desastres, o que aumenta a sua vulnerabilidade e lhes atrasa o crescimento económico, por vezes durante décadas.

Embora os riscos naturais não possam ser evitados, a conjugação da avaliação de risco e avisos precoces com medidas de prevenção e mitigação pode evitar que eles se transformem em desastres. Isso significa que podem ser tomadas medidas para reduzir consideravelmente a consequente perda de vidas e os prejuízos socioeconómicos. A OMM e os Serviços Meteorológicos e Hidrológicos Nacionais contribuem significativamente, a nível nacional e internacional, para a identificação, avaliação e monitorização dos riscos de desastre e para a difusão de avisos precoces. A OMM mantém o seu empenho em colaborar com as autoridades e parceiros de âmbito nacional no sentido de reduzir para metade, nos próximos 15 anos, o número de mortes devidas aos desastres naturais de origem meteorológica, hidrológica e climática.

Sabe-se que uma condição prévia fundamental para a prontidão em caso de desastres é um sistema eficiente de avisos precoces, capaz de transmitir em tempo útil à população em risco informações precisas e de confiança.

Os Serviços Meteorológicos Nacionais fornecem também informações vitais que habilitam os respectivos países a desenvolver estratégias proactivas de mitigação dos efeitos dos desastres naturais. Um Serviço Meteorológico pode adoptar diversas abordagens à divulgação da informação às autoridades e ao público em geral, baseando-se especialmente nas melhores tecnologias existentes localmente. No entanto, mantêm-se muitos dos desafios relativos a assegurar que todos os países estejam adequadamente equipados com um sistema eficiente de alerta, com vista a um fluxo eficaz de avisos à comunidade. Os países deverão também desenvolver a capacidade de resposta à informação através da eficácia de planeamento e resposta à emergência. Além disso, os programas de instrução e sensibilização do público constituem uma componente crítica das estratégias de prevenção necessárias para habilitar o público a conhecer os riscos e os seus potenciais efeitos.

O Instituto de Meteorologia, como autoridade nacional no domínio

da meteorologia e na emissão de Avisos Meteorológicos, através do seu Centro de Análise e Previsão do Tempo (CAPT), que funciona permanentemente 24 horas por dia, assegura a Vigilância Meteorológica ou seja o acompanhamento permanente das condições meteorológicas e a sua evolução, tanto a curto como a médio prazo.

A Vigilância Meteorológica é feita através da análise em tempo real dos dados meteorológicos obtidos quer através da rede de estações do IM, de superfície e de altitude, quer através de detecção remota, imagens de satélite, dos radares meteorológicos do IM e da rede de detecção de trovoadas do Instituto..

O meteorologista do CAPT analisa todos os dados em tempo real, faz o diagnóstico da situação e prevê a sua evolução através da interpretação de cartas de prognóstico dos diferentes modelos numéricos de previsão (ECMWF, MetOffice, Arpège, ALADIN, etc). No caso de se prever uma situação meteorológica de risco são emitidos Avisos Meteorológicos, quer para terra para as autoridades de protecção civil e/ou da saúde, quer para o mar para as autoridades marítimas. Estas por sua vez desencadeiam as acções de prevenção que consideram adequadas face à situação de risco que se prevê.

Desde 1998 existe uma colaboração activa entre o IM e a Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC), com a realização de um "briefing" diário através de videoconferência entre o CAPT do IM e o Centro de Operações da ANPC.

O Sistema de Avisos Meteorológicos (SAM) do IM inclui a emissão de Avisos em relação a diferentes parâmetros meteorológicos (precipitação, vento e temperatura) e em relação a determinados índices calculados com base em parâmetros meteorológicos, como é o caso do Índice de Seca, do Índice Bioclimático e do índice de Risco de Incêndio Florestal.

Os Avisos Meteorológicos são emitidos pelo CAPT / IM para a ANPC e divulgados à população e à Comunicação Social através da página de Internet do IM ([www.meteo.pt](http://www.meteo.pt)), ou, em caso de uma situação extrema de risco, em Comunicado especial para os órgãos de comunicação social.

A página de Avisos tem por objectivo avisar as Autoridades de Protecção Civil e a população em geral para a ocorrência de situações meteorológicas de risco, que nas próximas 24 horas possam causar danos ou prejuízos a diferentes níveis, dependendo da sua intensidade.

Os Avisos são emitidos à escala distrital para diferentes parâmetros meteorológicos, segundo uma tabela de cores, que reflecte o grau de intensidade do fenómeno.

Os Avisos são emitidos em relação às seguintes situações: vento forte, precipitação forte, queda de neve, trovoadas, frio, calor, nevoeiro persistente e agitação marítima.

## GeoPalavra

### **Implicações do sismo do Japão de 2011 na prospecção para recursos minerais nos fundos marinhos**

**Fernando JAS Barriga** *Creminer FCUL LARSyS (Lab Associado), Departamento de Geologia, FCUL*

No decurso da última década, a produção de energia em centrais de fissão nuclear foi progressivamente reabilitada, correspondendo a necessidades da indústria de produção de energia, e também em função de relatos e previsões preocupantes, acerca quer da

aproximação do fim do petróleo barato, quer de problemas ambientais causados pela acumulação de gases de estufa na atmosfera, causados em grande parte pela queima de combustíveis fósseis.

O pano de fundo em relação aos recursos naturais é, actualmente, de procura crescente, em grande parte gerado pelo crescimentos das “sleeping giant economies” – China, Índia, Brasil e outras. Não apenas o petróleo, mas a maioria dos metais apresentam, há quase uma década, subidas de preços sustentadas, apesar de amplas medidas de conservação e reciclagem. Estes aumentos de procura e consumo são consequência da existência de um número crescente de pessoas a viverem em melhores condições.

O sismo e tsunami que assolaram em Março de 2011 uma larga extensão da costa leste do Japão, a norte de Tóquio, causando uma série de acidentes na central nuclear de Fukushima, vieram alterar a situação, reacendendo os temores, justificados e injustificados, em relação à energia nuclear. Com efeito, desde a ocorrência de um sismo de grau 9, imprevisível, e para o qual nem mesmo o Japão estava preparado, até aos danos sucessivos na central afectada, a energia nuclear aparece de novo, em todo o mundo, como muito perigosa, longe de estar “dominada” pela ciência e pela tecnologia. O acidente de Chernobyl, na Ucrânia, é insistentemente lembrado, como o é a questão do armazenamento terminal de resíduos de alto nível, que continua por resolver. Os resíduos têm sido acumulados nas próprias centrais, agravando as consequências em caso de acidente. Um pouco por todo o lado multiplicam-se notícias de suspensão de projectos nucleares, e aumenta a pressão popular para o fecho de centrais nucleares. Os governantes de vários países anunciaram reforço no financiamento de projectos em prol de energias renováveis “limpas”.

Mas a esperança de que a energia nuclear possa ser substituída, a curto prazo, por energias alternativas, é praticamente nula. As tecnologias “verdes” têm ainda um caminho de décadas a percorrer, até que estejam em condições de produzir a energia necessária a custos competitivos. Uma das mudanças que mais esperança tem gerado é a dos automóveis eléctricos, mas apesar de décadas de investigação, as baterias continuam caras, volumosas e de carga lenta. Um problema ainda mais significativo é a fonte primária de alguns dos componentes desta baterias, se se produzirem à escala das dezenas de milhões (existem perto de 10<sup>9</sup> veículos com motores de explosão, no mundo). Refiro-me em particular ao cobalto, metal já hoje escasso a partir dos jazigos que têm sido explorados.

Tudo isto nos leva, inescapavelmente, aos recursos do subsolo marinho. As geociências marinhas apresentam um registo de avanço no conhecimento sem paralelo, no decurso das últimas décadas. Há perto de trinta anos, a descoberta do hidrotermalismo submarino revolucionou o nosso conhecimento acerca de todos os aspectos da crosta oceânica, não só geologia mas da física, da química e da biologia, e demonstrou a origem suboceânica de alguns dos principais recursos metalíferos do planeta (jazigos de sulfuretos maciços); há talvez vinte anos descobriram-se os hidratos de metano oceânicos, hoje estimados, em termos de carbono contido, como tendo reservas superiores às da totalidade dos combustíveis fósseis convencionais

combinadas (talvez o dobro destas); nos últimos cerca de 10 anos descobrimos que a biosfera profunda, a população microbiana que habita no interior da crosta (até 2 km na crosta oceânica) representa de 10% a 100% da biosfera até antes conhecida. São principalmente *Archea e Bacteria*, microorganismos extremófilos e quimiossintéticos, nos quais, através de cultura e extracção bioquímica, se têm isolado numerosas biomoléculas com aplicações variadas, muitas já à nossa volta, por exemplo em cosméticos, detergentes, processamento e cozedura de alimentos, produção de bebidas, tratamento de efluentes, tratamento e reciclagem de papel, entre outras.

Não será possível corresponder às legítimas aspirações de consumo de uma grande parte da Humanidade sem recurso alargado ao solo e subsolo marinhos. Como Peter Rona incansavelmente reitera, estamos numa fase muito precoce da prospecção dos fundos marinhos. Mesmo assim, é de onde poderão vir a maioria dos combustíveis fósseis ainda por descobrir, quer convencionais quer sob a forma de hidratos de metano; muitos metais, incluindo cobre, níquel, cobalto, manganês (quer de jazigos de sulfuretos maciços quer de crostas e nódulos) e biomoléculas. As mais aliciantes propostas de sequestração de CO<sub>2</sub> apontam para armazenamento em rochas do subsolo marinho, sobretudo basaltos e serpentinitos, imobilizado em carbonatos. Acrescente-se que o registo de descobertas nos fundos marinhos tem sido de tal forma notável, que levanta legítimas esperanças de que muito esteja ainda por descobrir. O sismo do Japão vem acelerar, de forma sensível, um processo já em curso, de grande focalização nos recursos dos fundos marinhos.

Existem preocupações ambientais a que teremos que (e queremos) atender, para que a exploração dos recursos do solo e subsolo marinhos não se transforme num problema global. As empresas interessadas, e já envolvidas em operações (nomeadamente na Papuásia) têm manifestado grande empenhamento em manter um sólido registo de protecção ambiental, o que é extremamente positivo. No entanto, a comunidade científica tem que contribuir, realizando, atempadamente, estudos ambientais relevantes, e desenhando e monitorizando operações experimentais que permitam avaliar os processos e procedimentos.

Portugal, detentor de uma ZEE de grandes dimensões, e candidato a 1,4 milhões de quilómetros quadrados de fundos marinhos adicionais, deverá ser um interveniente importante neste processo. Em primeiro lugar há que ganhar a aprovação da proposta de alargamento da plataforma continental, o que não está ainda garantido. Antes e depois será necessária uma luta constante na frente legal e diplomática: os recursos a descobrir defendem-se sobretudo aí. Para transformar o enorme potencial existente em benefícios reais, será preciso realizar, com inteligência e empenhamento, muitíssima prospecção mineral. Será preciso aplicar aos fundos marinhos técnicas e conceitos em uso nos continentes, num esforço em que todos não seremos demais.

#### Direcção e Coordenação Editorial

Alexandre Araújo

Correio electrónico: gboletim@uevora.pt

Depósito legal: 238091/06 ISSN: 1646-3676, Maio, 2011

#### Painel Editorial

Alexandre Araújo, António Heitor Reis, Ana Maria Silva, Maria Rosa Duque, Joaquim Luís Lopes, Mourad Bezzeghoud e Rui Namorado Rosa