

O acidente na central nuclear de Fukushima-I: o que sabemos

José Marques

Instituto Tecnológico e Nuclear & Centro de Física Nuclear da Universidade de Lisboa

O acidente na central nuclear de Fukushima-I teve início no dia 11 de Março de 2011, às 14:46 (hora local) com um sismo de intensidade 9 na escala de Richter, com epicentro a 373 km de Tóquio. As centrais nucleares de Onagawa, Tokai, Fukushima-I e Fukushima-II, com um total de 14 reactores, foram as mais próximas do epicentro. Todos os reactores em operação nestas centrais foram parados automaticamente com o sismo, tal como esperado, não se tendo verificado problemas de maior nas centrais de Onagawa, Tokai e Fukushima-II.

A sequência de acontecimentos que levou à situação actual na central de Fukushima-I ainda não é bem conhecida quando esta nota foi escrita, cerca de um mês depois do início do acidente. Vamo-nos restringir a um resumo dos pontos principais, com base nos relatórios da Agência Internacional de Energia Atómica (AIEA).

A central de Fukushima-I tem seis reactores a água ebuliente projectados pela General Electric (EUA), ligados à rede entre 1971 e 1979. Os reactores 4, 5 e 6 desta central estavam parados para manutenção na altura do sismo, não havendo combustível no interior do vaso de pressão do reactor n.º 4.

Com a paragem automática dos reactores, a maior fonte de calor deve-se ao decaimento dos produtos de cisão contidos no interior dos elementos de combustível. Imediatamente após a paragem, o calor libertado desta forma corresponde a cerca de 6% da potência térmica à qual o reactor estava a trabalhar. Uma vez que não estão a ser produzidos novos produtos de cisão, este calor vai diminuir ao longo do tempo, embora muito lentamente. Este calor, dito “residual”, tem que ser removido e existem diversos sistemas para o fazer. Como o sismo danificou as



Corte tridimensional do edifício dos reactores 1 a 5 na central nuclear de Fukushima-I (adaptado de imagem disponibilizada pela Nuclear Regulatory Commission, EUA).

linhas de transmissão da central, privando-a de ligação eléctrica ao exterior, arrancaram os geradores de emergência, os quais permitiram accionar os sistemas de remoção do calor residual. Contudo, os geradores de emergência foram danificados quando o tsunami atingiu a central, tendo-se verificado uma perda total de corrente alterna às 15:42, cerca de uma hora depois do início do acidente. A partir desta altura apenas foi possível manter em funcionamento, durante algumas horas, sistemas secundários alimentados com baterias.

Foram levados geradores móveis para a central de Fukushima-I ainda durante o dia 11, mas durante diversas horas não houve qualquer sistema activo a arrefecer os núcleos dos reactores e a manter um nível de água apropriado dentro dos vasos de pressão. Nestas condições, é de esperar que a temperatura nos elementos de combustível aumente progressivamente até ao ponto em que ocorrem reacções exotérmicas entre o zircónio das bainhas dos elementos de combustível e o vapor de água (acima de 900 °C), o que leva à libertação de hidrogénio e contribui para aumentar ainda mais a temperatura. A partir de cerca de 1800 °C, o

material das bainhas dos elementos de combustível começa a dissolver o óxido de urânio usado como combustível, libertando maiores quantidades de produtos de cisão para a água no interior da cuba dos reactores. Esta situação ocorreu, em parte do combustível, no acidente de Three Mile Island, nos EUA, em 1979. A temperatura máxima atingida e a quantidade de combustível danificado dependem, obviamente, das condições locais de arrefecimento do combustível.

Para contrariar o aumento de pressão no interior do reactor n.º 1 foi necessário ventilá-lo para o exterior, dadas as limitações operacionais. Ao ventilar o reactor, para além do hidrogénio, são libertados igualmente gases nobres, bem como elementos de cisão voláteis, como o iodo e o cézio. A ventilação foi iniciada às 14:30 do dia 12 de Março, tendo-se registado uma explosão de hidrogénio que destruiu a parte superior do edifício às 15:36, tal como indicado na figura. Esta explosão foi, em alguns casos, erroneamente descrita como uma “explosão do reactor”, e não uma “explosão no reactor”, devida a acumulação de hidrogénio. Nem o vaso de pressão contendo o núcleo, nem o vaso que o envolve foram afectados pela explosão de hidrogénio. Entretanto, a evacuação de residentes, que estava já em curso num raio de 10 km, foi alargada para um raio de 20 km.

Para limitar os danos no núcleo do reactor n.º 1, foi iniciada a injeção de água do mar no vaso de pressão às 20:20. A injeção de água do mar está longe de ser ideal, dado que o NaCl se pode depositar na superfície dos elementos de combustível e em orifícios de escoamento de água, diminuindo a transferência de calor, mas foi dada prioridade à inversão da subida de temperatura no núcleo. Entretanto, degradaram-se igualmente as condições no reactor n.º 3. Foram realizadas operações de ventilação a 12 e 13 de Março, seguidas de injeção de água do mar. Uma nova ventilação no dia 14 resultou numa explosão às 11:01. Uma explosão semelhante ocorreu no reactor n.º 2 no dia seguinte, às 6:10. Não foram feitas novas ventilações desde que ocorreram as explosões em cada reactor.

Novas preocupações surgiram no dia 15, desta vez com as piscinas onde está armazenado o combustível irradiado. Quando o combustível é retirado nos reactores, é mantido durante alguns anos em piscinas, antes de ser reprocessado ou armazenado definitivamente. A água destas piscinas é continuamente arrefecida, para remoção do calor libertado pelo decaimento dos produtos de cisão. A água, para além de fluído de arrefecimento, funciona igualmente como escudo de radiações. Se o combustível deixar de estar completamente coberto por água, as doses de radiação na vizinhança da piscina

umentam, podendo o combustível vir a ser danificado se a sua temperatura aumentar muito. Como deixou de ser possível arrefecer a água destas piscinas, a temperatura subiu gradualmente, tendo atingido o ponto de ebulição da água em alguns casos. A evaporação anormal de água fez com que a quantidade de água continuasse a diminuir, tendo sido necessário recorrer a viaturas de bombeiros para repor, à distância, água nas piscinas dos reactores 1 a 4.

Só a 17 de Março foi possível repor em operação os geradores de emergência no reactor n.º 6. Em resultado disto, os reactores 5 e 6 foram colocados em situação estável e perfeitamente controlada no dia 20 de Março. Foi possível reactivar as salas de comando dos outros reactores a partir do dia 20, tendo começado a ser injectada água doce, em substituição da água salgada, nos reactores 1 a 3 a partir de 25 de Março. A recuperação dos reactores 1 a 3 vai ainda ser lenta. Não são conhecidas as quantidades de combustível danificado nestes reactores. Deve referir-se que, no caso do acidente de Three Mile Island, essa avaliação demorou alguns anos.

Ainda é demasiado cedo para avaliar as consequências do acidente. As autoridades japonesas procederam rapidamente à evacuação dos residentes que poderiam ser mais afectados pelo acidente. Não ocorreram mortes devidas a sobre-exposição a radiação durante o primeiro mês, sendo de esperar que as consequências para a população no Japão sejam reduzidas, graças à evacuação. Não são de esperar quaisquer consequências fora do Japão. Em contraste, o acidente no reactor n.º 4 de Chernobyl em Abril de 1986 foi inicialmente mantido secreto, não se tendo tomado medidas para proteger a população nos primeiros dias. Além disso, as emissões em Chernobyl foram fortemente influenciadas pelo incêndio da grafite, que demorou dez dias a ser controlado.

Foi a primeira vez que ocorreu um acidente nuclear em mais que um reactor ao mesmo tempo. As autoridades japonesas classificaram os acidentes nos reactores 1, 2 e 3, individualmente, como de nível 5 na escala *International Nuclear Event Scale* (INES) da AIEA, a 18 de Março. Este nível é o mesmo atribuído ao acidente de Three Mile Island.

A classificação na escala INES foi revista a 12 de Abril, considerando o conjunto dos acidentes nos três reactores como se fossem um único. Isto fez com que o nível fosse aumentado para 7, o mesmo atribuído ao acidente de Chernobyl. As autoridades japonesas anunciaram no mesmo dia que as libertações de produtos de cisão para a atmosfera foram cerca de 10% das libertações no acidente de Chernobyl. Estes dois factos não são contraditórios. Apesar da escala INES ser logarítmica, isto é, cada nível representar um agravamento por um factor de 10 relativamente ao nível imediatamente anterior, o nível 7 (máximo da escala) é aberto, devendo ser activado sempre que as libertações para a atmosfera excedam algumas dezenas de PBq (petabecquerel, 10¹⁵ Bq). Se a escala INES tivesse mais níveis, por exemplo, até ao nível 10, mantendo-se o agravamento por

um factor de 10 entre cada nível, então o acidente de Fukushima seria provavelmente de nível 8 (emissões estimadas de algumas centenas de PBq), enquanto que o de Chernobyl seria de nível 9 (emissões excederam alguns milhares de PBq). Desde o início do acidente foram igualmente realizadas descargas para o mar de água contaminada, as quais deverão ter consequências reduzidas.

Para saber mais:
Agência Internacional de Energia Atómica: <http://www.iaea.org>
Agência de Segurança Nuclear e Industrial: <http://www.nisa.meti.go.jp/english>
Karl Heinz Neeb, "The radiochemistry of nuclear power plants with light water reactors", Walter de Gruyter, Berlim (1997).

Correio dos leitores

Físicos hospitalares – uma reflexão

No último número da Gazeta de Física (Vol. 33, Núm. 3-4, págs. 47 e 48), Maria da Conceição Abreu e Luís Peralta apresentam uma reflexão sobre a formação inicial do físico hospitalar.

Segundo os autores, os cursos que melhor preparariam o acesso à carreira de físico hospitalar seriam, para além de Física, Engenharia Física e Engenharia Biomédica. No artigo mostram um gráfico com os ingressos nesses cursos em várias Universidades portuguesas no presente ano lectivo.

Apesar de, há já vários anos, a Universidade de Coimbra também formar licenciados e mestres em Engenharia Física (em 2010/2011, todas as 20 vagas foram preenchidas) e Enge-

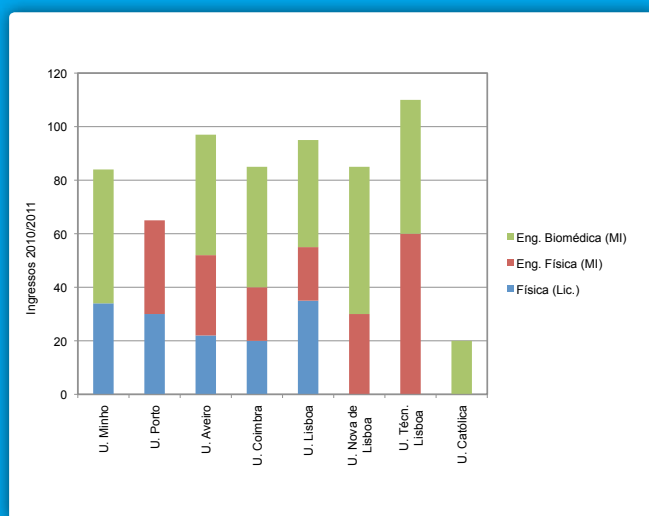
naria Biomédica (em 2010/2011, todas as 45 vagas foram preenchidas), estes cursos foram ignorados pelos autores. Também se regista a não referência ao curso de Engenharia Física da Universidade do Porto.

Manuel Fiolhais

Director do Departamento de Física, Universidade de Coimbra

Resposta de M. C. Abreu:

Os autores admitem que cometeram um lapso, e apresentam as desculpas pelo facto. Apresentam-se um gráfico com os valores correctos para a Universidade de Coimbra, bem como para o curso de Eng. Física da Universidade do Porto.



Ingressos em Eng. Biomédica, Eng. Física e Física, por universidade (ano 2010/11)