

O ITER no caminho para a energia de Fusão Nuclear

CARLOS VARANDAS

Associação EURATOM/IST, Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear
Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa

O ITER (O “CAMINHO” EM LATIM) É UM DISPOSITIVO EXPERIMENTAL, DE GRANDE ESCALA, MUITO IMPORTANTE PARA A CONCRETIZAÇÃO DA FUSÃO NUCLEAR COMO UMA TECNOLOGIA ENERGÉTICA INDISPENSÁVEL PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTADO DA NOSSA SOCIEDADE.

Este trabalho descreve os passos previstos, no contexto de uma colaboração internacional de dimensão global, até à construção de uma central eléctrica de fusão nuclear. Esta central será, certamente,

uma das grandes conquistas da Ciência e Tecnologia deste século.

O que já se consegue hoje na produção de energia por fusão nuclear controlada?

Após muito trabalho de investigação científica e desenvolvimento tecnológico, o TFTR [1] e o JET [2] conseguiram obter num laboratório reacções controladas de fusão nuclear, através da operação destes tokamaks com misturas de Deutério (D) e Trítio (T) [3] (Fig. 1). O JET, a maior experiência de fusão nuclear actualmente em funcionamento no mundo e a única que pode operar com descargas D-T, é actualmente explorado no âmbito do European Fusion Development Agreement (EFDA) [4] (Fig. 2). Este tokamak obteve 16 MW de potência de fusão, durante 2 segundos, utilizando cerca de 25 MW para manter o plasma às temperaturas necessárias para que ocorram reacções de fusão nuclear. Contudo, o factor de

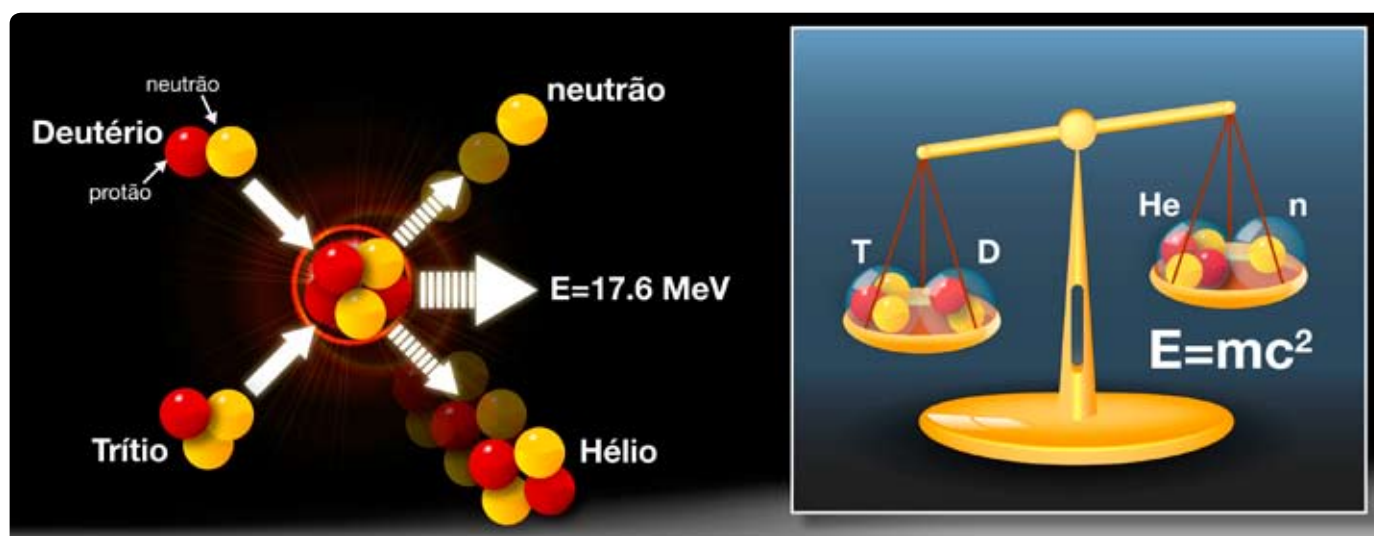


Figura 1 - Uma reacção de Fusão Nuclear ocorre quando átomos de deutério e trítio se juntam formando Hélio e libertando um neutrão, os quais, em conjunto, têm menor massa que os átomos iniciais (ainda que correspondam ao mesmo número de partículas). A massa que desaparece transforma-se em energia.

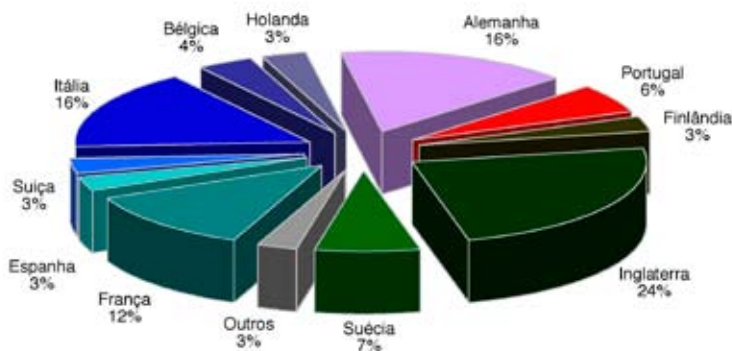


Figura 2 - Participação no JET dos Associados do EFDA entre 2000 e 2007

amplificação de energia (Q) foi inferior a 1, o que significa que existe ainda um longo caminho até se conseguirem os valores necessários para uma central eléctrica de fusão nuclear ($Q > 40$).

O ITER: O QUE É E PARA QUE SERVE?

Com base nos conhecimentos adquiridos na operação da actual geração de máquinas de fusão nuclear, foi projectado um novo tokamak, o ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) [5] (Fig. 3), com dois objectivos principais: (i) demonstrar a viabilidade científica e técnica de energia de fusão através da obtenção de 500 MW, durante 300 s, com $Q \approx 10$; e (ii) testar a operação simultânea e integrada de todas as tecnologias necessárias à operação de um reactor de fusão nuclear.

O ITER constitui o primeiro exemplo da globalização da Ciência e Tecnologia, uma vez que será desenvolvido no âmbito de uma Organização Internacional que integra, actualmente, a Comunidade Europeia de Energia Atómica (EURATOM), o Japão, os Estados Unidos da América, a Federação da Rússia, a República Popular da China, a Coreia do Sul e a Índia. O Projecto terá três fases principais: construção, operação e exploração científica e desmantelamento, com durações previstas de 10, 20 e 10 anos.

Para além das complexidades científica e técnicas, o ITER tem ainda dificuldades operacionais resultantes do facto das contribuições dos Parceiros serem essencialmente em espécie (pessoal e *hardware*), da forma de divisão do trabalho (a maioria dos componentes será fabricada por mais do que um Parceiro) e das culturas e estados de desenvolvimento diferentes dos vários Parceiros.

Após a assinatura do Acordo ITER, em 21 de Novembro de 2006, no Palácio do Eliseu, em Paris, iniciou-se a constituição da equipa (com 322 pessoas, em Fevereiro de 2009), a construção dos edifícios em Cadarache (França), o processo de licenciamento desta instalação pela Alta Autoridade Francesa para o Nuclear, a revisão e adaptação do projecto do tokamak, a avaliação dos custos tendo em consideração a realidade actual do mercado, a discussão de medidas que conduzam à redução dos custos e riscos e à optimização da integração das contribuições dos vários Parceiros, o acerto do calendário da construção e a possível participação de outros Países como Parceiros de Pleno

Direito (correspondente a uma contribuição de 10% para o orçamento do Projecto) ou Associados.

A revisão e adaptação do projecto envolveu muitas dezenas de cientistas e engenheiros de todo o mundo que analisaram em detalhe soluções para alguns problemas que ainda persistem, como, por exemplo, o desempenho das bobinas supercondutoras, as características dos sistemas de aquecimento auxiliar do plasma, com relevo especial para o sistema de injeção de feixes de iões negativos, o controlo de certas instabilidades (nomeadamente, os *Edge Localized Modes*), a configuração do divertor, a escolha dos materiais para as componentes que estão no interior da câmara de vácuo, a definição dos sistemas de manipulação remota e o teste das camadas férteis de lítio, indispensáveis para a geração de trítio no interior do próprio reactor.

Paralelamente, as Agências Domésticas para o ITER (na União Europeia, o "European Joint Undertaking for ITER and the Development of Fusion Energy" [6]) lançaram já os primeiros contratos para a realização de actividades de I&D ou a construção de componentes que se encontram no tempo crítico (por exemplo, as bobinas supercondutoras e a câmara de vácuo). Portugal, através do Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear [7], lidera um contrato para estudo do transporte de contentores desde o tokamak até aos edifícios das células quentes. O IPFN aguarda, ainda, o resultado de dois outros concursos, sobre aquisição de dados e integração de componentes num porto.

E APÓS O ITER?

A comunidade internacional tem os olhos postos no

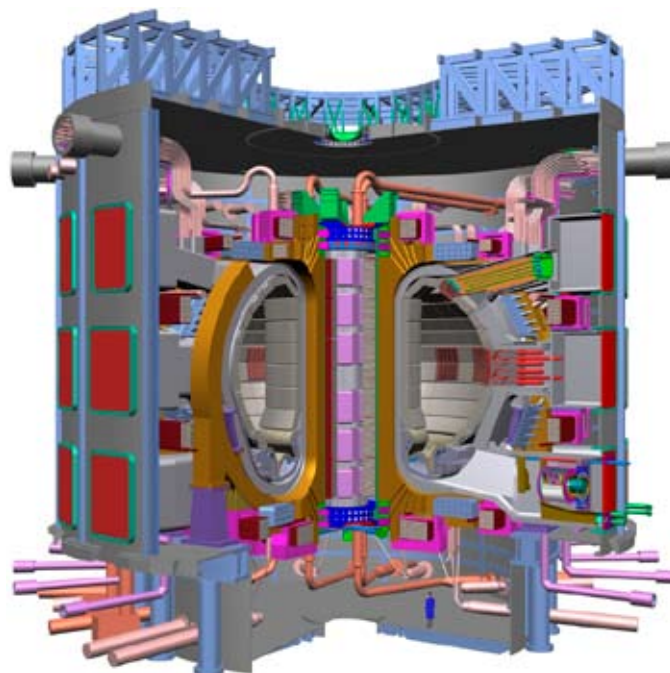


Figura 3 - Desenho esquemático do ITER

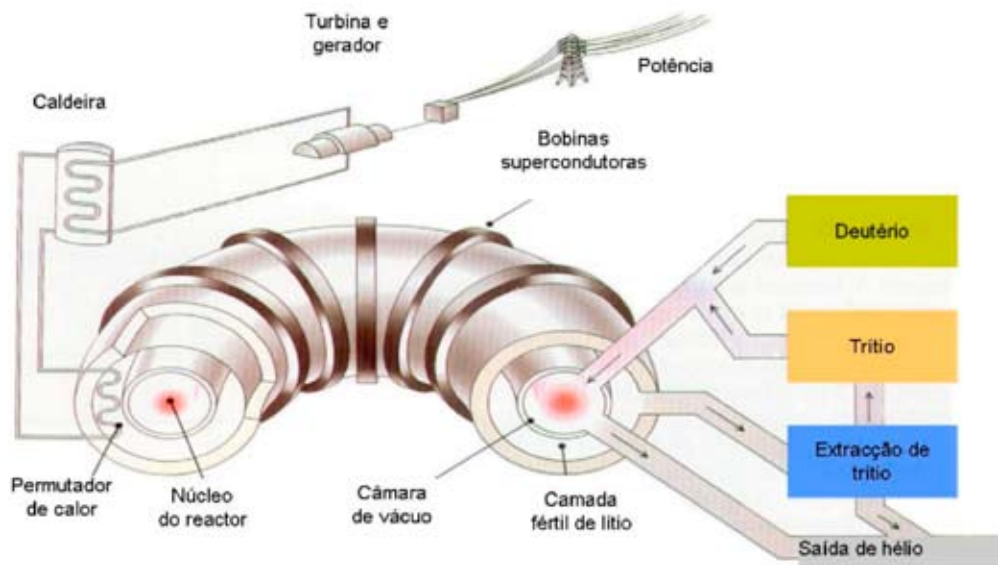


Figura 4 - Desenho esquemático de uma Central Eléctrica de Fusão Nuclear

ITER. Após dez anos de construção e de cinco anos de operação, este tokamak deverá obter energia de fusão, com um ganho significativamente maior que a unidade. Após o ITER, e de acordo com a abordagem “Fast Track Approach to Fusion Power” [8], será necessário um reactor de demonstração de grande porte, o DEMO, complementado por duas experiências de menor dimensão para o teste e qualificação dos materiais necessários às descargas de muito longa duração: IFMIF (International Fusion Material Irradiation Facility) [9] e CTF (Components Test Facility) [10].

O DEMO terá dois objectivos principais: (i) produção de energia eléctrica; e (ii) teste dos materiais adequados às descargas de longa duração. Não existe, ainda, uma ideia concreta sobre a configuração do DEMO. Tanto poderá ser uma máquina de confinamento inercial (é provável que a ignição seja primeiramente obtida nesta configuração) ou de confinamento magnético. Neste caso, ainda há duas hipóteses: um tokamak (geometria onde se obtiveram os melhores resultados, mas que só permite operação pulsada) ou um stellarator (que permite operação em regime estacionário, mas cujo estado de desenvolvimento é ainda inferior ao do JET).

PORQUÊ INVESTIR EM CENTRAIS ELÉCTRICAS DE FUSÃO NUCLEAR?

A Fig. 4 apresenta o desenho esquemático de uma central eléctrica de fusão nuclear. A produção estacionária de grandes quantidades de potência eléctrica (> 1 GW) pode ser obtida

através da operação de: (i) um reactor de fusão em regime estacionário (stellarator), (ii) um reactor em regime pulsado, com armazenamento de parte da energia e sua posterior entrega à rede durante o período em que o tokamak não está em funcionamento; (iii) dois reactores pulsados, em funcionamento alternado. Muito recentemente, têm sido propostas soluções baseadas em reactores híbridos de fusão e fissão. Estas soluções tiram partido dos neutrões rápidos das reacções de fusão para o tratamento dos lixos dos reactores de fissão e destes para gerarem o trítio necessário aos reactores de fusão.

A energia de fusão tem muitas vantagens, as quais justificam os investimentos: é poderosa (cada reacção gera 17.6 MeV), limpa (não há emissão de gases de efeito de estufa para a atmosfera) é praticamente inesgotável (os combustíveis de base (água e lítio) são abundantes e bem distribuídos na crosta terrestre), segura (as reacções podem ser interrompidas quase instantaneamente em caso de mau funcionamento) e amiga do ambiente (não há transporte de materiais radioactivos fora da Central e os materiais que ficam activos perdem a sua radioactividade ao fim de 30 a 100 anos).

A fusão nuclear, a fonte de energia das estrelas e, por isso, a mãe de uma grande parte das energias renováveis, é uma tecnologia energética muito interessante, que o Homem tenta trazer até à fase de comercialização. De acordo com as ultimas estimativas, este objectivo deve ser alcançado na segunda metade deste século. Mais tarde ou mais cedo dependente das decisões dos políticos.

Referências

- 1 - www.pppl.gov/projects/pages/tftr
- 2 - www.jet.efda.org
- 3 - Gary McCracken and Peter Stott, “Fusion, the Energy of the Universe”, Elsevier

- Academic Press, 2005.
- 4 - www.efda.org
- 5 - www.iter.org
- 6 - fusionforenergy.europa.eu
- 7 - www.ipfn.ist.utl.pt
- 8 - [fire.pppl.gov/fpa05_aps_llewellyn_smi-](http://fire.pppl.gov/fpa05_aps_llewellyn_smi-th.pdf)

- 9 - http://irfu.cea.fr/en/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast_technique.php?id_ast=2271
- 10 - <http://www.iop.org/EJ/abstract/0741-3335/47/12B/S20>

Carlos Varandas é Professor Catedrático do Departamento de Física do Instituto Superior Técnico, Presidente do Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear, Presidente do “Governing Board of the European Joint Undertaking for ITER and the Development of Fusion Energy” e Membro do “ITER Council”.