O nuclear no nosso quotidiano

DÁ-SE O NOME **GENÉRICO DE NUCLEAR** AOS FENÓMENOS ASSOCIADOS A ALTERAÇÕES NA ESTRUTURA DE UM OU MAIS NÚCLEOS, ELEMENTOS CONSTITUINTES DOS ÁTOMOS QUE FORMAM AS MOLÉCULAS, DE QUE SÃO FEITAS AS COISAS QUE NOS RODEIAM. ESTAS ALTERAÇÕES PODEM SER NATURAIS OU INDUZIDAS E MANIFESTAM-SE ATRAVÉS DA EMISSÃO DE RADIAÇÕES (RADIOATIVIDADE) E DA LIBERTAÇÃO DE ENERGIA.

Por Carlos Varandas

As radiações são principalmente partículas alfa e beta e raios gama, sendo as radiações naturais provenientes do cosmos e do interior da Terra. A radioatividade devida ao radão, o gás mais conhecido que provém das tansformações nucleares que ocorrem no interior do nosso planeta, varia de lugar para lugar, sendo maior nas regiões de jazidas de urânio e rochas graníticas, equivalendo a cerca de 50% das radiações a que estamos sujeitos.

A geração de energia está associada à redução de massa, de acordo com o princípio de Einstein da equivalência entre massa e energia (E=mc2). Existem dois tipos de reações nucleares que libertam energia: fissão ou cisão, que resulta da divisão dos núcleos de elementos pesados (urânio, plutónio, tório); e fusão, que consiste na coalescência dos núcleos de dois átomos leves (hidrogénio (H) e os seus isótopos deutério e trítio). A fissão (Figura 1) é a base da operação das actuais centrais elécticas nucleares, enquanto a fusão (Figura 2) é a fonte de energia do Universo. Estas reações são um milhão de vezes mais potentes do que as reações quimicas, dado que as forças que mantêm unidos os protões e os neutrões do núcleo são muito mais intensas que as forças que ligam os átomos ou mesmo os electrões ao núcleo.

Os fenómenos e as tecnologias nucleares acompanham-nos no nosso dia a dia, sem que muitas vezes tenhamos consciência disso e noutras sem que queiramos reconhecer os benefícios do nuclear. De fato, a vida na Terra, o desenvolvimento sustentável da nossa sociedade, a saúde humana, para além da industria, ambiente, património cultural e agricultura, têm muito a lucrar com fenómenos e tecnologias nucleares.

A vida no nosso Planeta não era possível sem a luz e o calor que chegam à Terra provenientes do Sol, e que são gerados a partir de reações de fusão nuclear que ocorrem no centro desta estrela, envolvendo dois átomos de H, a temperaturas de 15 milhões de °C.

O desenvolvimento sustentável da nossa sociedade exige o fornecimento seguro e barato de energia eléctrica, produzida através de tecnologias verdes, as quais não emitem gases de efeito de estufa para a atmosfera. No estado atual do conhecimento científico e tecnológico, é muito difícil atingir este objetivo sem o recurso à energia nuclear, presentemente baseada em reações de fissão, uma tecnologia que tem muitos e acérrimos apoiantes e opositores (Figura 3). Os apoiantes dizem que esta energia nuclear é potente, os combustíveis são abundantes, o preço do kW.h de electricidade é muito atractivo e pouco dependente do preço do combustível e a operação de uma central nuclear não emite qualquer gás nocivo para a atmosfera. Os opositores falam na proliferação de armas nucleares, na saúde pública, na desmontagem das centrais, nos lixos radioactivos e na segurança da operação das centrais nucleares, problema que é particularmente actual após o acidente em Fukushima.

Existem soluções que passam pelos reatores de fissão da Geração IV, pelos *reatores de* fusão (Figura 4) e/ou pelos reatores híbridos de fissão-fusão. Estes três tipos de reatores deverão estar operacionais dentro de 30 a 40 anos, após a resolução de um problema comum: os materiais.

As tecnologias nucleares são também utilizadas na saúde não só no diagnóstico e tratamento de doenças oncológicas, cardiovasculares e neurológicas, mas também na esterilização de material cirúrgico e no tratamento do lixo hospitalar, câmaras gama, imagiologia e ressonância magnética nucleares, bem como mais modernamente ciclotrões são aparelhos nucleares que felizmente começam a ser usuais nos hospitais.

Finalmente, as técnicas nucleares são usadas no controle de qualidade, na esterilização de produtos alimentares, na eliminação de pragas, na datação por carbono14 para materiais orgânicos (até 50000 anos) e na datação por luminescência de materiais inorgânicos (até um milhão de anos), na avaliação de recursos geológicos e produtos industriais, no controle de poluentes, na monitorização de carregamentos, no fabrico de detectores de incêndios e de mostradores luminosos, na dessalinização da água do mar e no desenvolvimento e caracterização de novos materiais..

Este suplemento contém artigos sobre muitos dos aspectos versados neste artigo. Espero, sinceramente, que o leitor conclua que o nuclear tem aspectos negativos e positivos. Ao poder político, à indústria nuclear e aos cientistas compete minimizar os primeiros e potencializar os segundos.

Figura 1

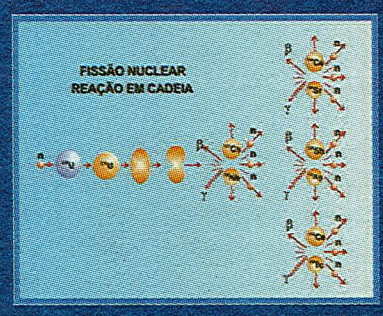


Figura 2

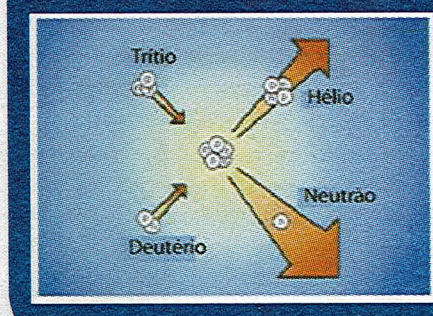


Figura 3

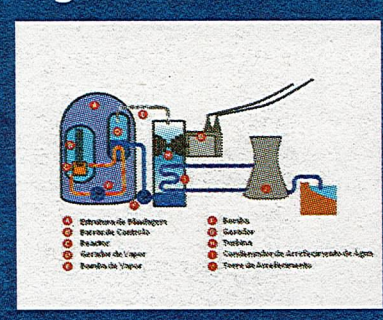
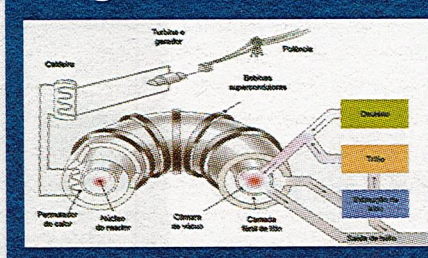


Figura 4



Aposta na excelência

ARLINDO OLIVEIRA É O ATUAL PRESIDENTE DO **INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO**, UMA DAS MAIS CONCEITUADAS ESCOLAS DE ENGENHARIA DO PAÍS E DA EUROPA. COM MAIS DE UM SÉCULO DE EXISTÊNCIA, O IST ABSORVEU O ITN "INSTITUTO DE TECNOLOGIA NUCLEAR" E GANHOU AINDA MAIS COMPETÊNCIAS NUMA ÁREA BASTANTE IMPORTANTE.

Arlindo Oliveira

O Instituto Superior Técnico (IST) é a maior escola de engenharia do país, mas é também aquela com maiores índices de produção científica, de execução de projetos e de produção de conhecimento. "O IST é a instituição portuguesa com mais projetos financiados pela União Europeia" e, associadas ao IST, existem diversas instituições privadas sem fins lucrativas nas quais os nossos professores também trabalham e desenvolvem investigação adicional. "A força do IST tem tanto a ver com a nossa capacidade científica e tecnológica, como com a qualidade dos alunos que nos procuram. Temos a sorte de atrair os melhores alunos da área da engenharia e da ciência e tecnologia", refere Arlindo Oliveira.

Quer a nível nacional, como internacional, o IST é conhecido e reconhecido pela qualidade dos seus alunos, das suas equipas científicas e da produção de conhecimento de altíssima utilidade e qualidade.

O Nuclear no IST

Segundo nos refere o nosso interlocutor, o IST tinha já uma componente importante de nuclear ainda antes de absorver o ITN. "Temos cá o maior projeto português de fusão nuclear, para a criação do primeiro reator nuclear por fusão". Com a absorção do ITN e a criação do Campus Tecnológico e Nuclear (CTN), o instituto passou a ter competências, "que já existiam em alguma medida, mas que agora se desenvolveram, na área da fissão nuclear". Temos um reator experimental CTN de Loures, mas além do reator existem uma série de outros equipamentos, como por exemplo o acelerador de partículas que, de facto, são infraestruturas únicas a nível nacional e que são muito importantes para as questões experimentais relacionadas com a fissão nuclear".

São muitas as aplicações do Nuclear, quer ao nível da saúde "com a imagiologia e tratamentos -, ao nível dos materiais, indústria farmacêutica, industria alimentar, entre muitas outras. "Os nossos investigadores do Campus Tecnológico e Nuclear têm desenvolvido trabalho de altíssima qualidade, publicando muitos artigos científicos nas melhores revistas e conferências". O facto de estarem inseridos no IST irá permitir criar outro tipo de mais-valias, criando interligações com outros grupos de investigação que lhes irá conferir capacidades bastante elevadas.

Para Arlindo Oliveira, o nuclear é uma área demasiado importante para ser esquecida ou ignorada e, assim, "o IST aposta no nuclear da mesma forma que aposta em praticamente todas as tecnologias que são indispensáveis.

O futuro ficará marcado pela interligação dos diversos departamentos de investigação. Desta forma, será certo que muitas inovações, com aplicações nas mais diversas áreas de atividade, serão produzidas neste instituto e com isso virá o reconhecimento de Portugal como produtor de tecnologia e conhecimento.

Energia nuclear de cisão

HÁ 70 ANOS, NO DIA 2 DE DEZEMBRO DE 1942, UMA EQUIPA LIDERADA POR ENRICO FERMI COLOCOU EM FUNCIONAMENTO O PRIMEIRO **REACTOR DE CISÃO NUCLEAR**, EM INSTALAÇÕES IMPROVISADAS NUM ESTÁDIO DA UNIVERSIDADE DE CHICAGO.

Por José Marques

Este primeiro reactor, mais tarde designado "Chicago-Pile 1" (CP-1), era um empilhamento de blocos de grafite suportados por uma estrutura de madeira, com o urânio colocado a distâncias regulares no interior da grafite. No total, o CP-1 usou 385,5 t de grafite e 35,4 t de urânio natural. Este reactor demonstrou que era possível estabelecer uma reacção de cisão nuclear auto-sustentada, usando urânio natural como combustível e grafite como moderador. O CP-1 teve uma existência efémera, tendo sido rapidamente desmontado para usar os seus valiosos materiais em outros reactores experimentais mais complexos.

No início da década de 1950 foram desenvolvidos os primeiros reactores compactos, moderados e arrefecidos a água, para propulsão naval. O "Nautilus", em 1954, foi o primeiro submarino equipado com um reactor nuclear, tendo revolucionado o modo de intervenção deste tipo de navios, dado que podia permanecer submerso durante longos períodos, o que não estava ao alcance dos navios com propulsão diesel.

O primeiro reactor para uso civil fora de centros de investigação apareceu em 1957, na sequência da iniciativa "Átomos para a Paz" do Presidente Eisenhower. O reactor de "Shippingport" com uma potência de 236 MW abriu uma nova era na produção de electricidade a partir da energia libertada em reacções de cisão nuclear. Ao reactor de "Shippingport" sucederam-se reactores de potências progressivamente maiores, até 3000-4000 MW. O ritmo de construção de reactores aumentou significativamente na década de 1970, sobretudo depois do primeiro choque petrolífero. Contudo, o acidente na central de "Three Mile Island" veio refrear este entusiamo inicial. Os efeitos deste acidente foram muito limitados, mas funcionaram como um alerta para a necessidade de introduzir melhoramentos nos reactores. De certo modo, a energia nuclear de cisão cresceu demasiado rápido nos primeiros anos – basta pensar que a potência dos reactores aumentou mais de uma ordem de grandeza nos primeiros vinte anos.

Os reactores da 3.ª Geração, que começaram a ser construídos no final da década de 1990, recorrem tanto quanto possível a fenómenos naturais para melhorar a sua segurança. Conseguem assim ser, ao mesmo tempo, mais simples e mais seguros do que os seus predecessores. Actualmente constroem-se reactores avançados de 3ª Geração, como o "European Pressurized Reactor" (EPR) da AREVA, e o AP1000 da Westinghouse, sobretudo em países asiáticos onde a procura de electricidade tem aumentado significativamente nos últimos anos.

A energia libertada por cisão é 50 milhões de vezes superior à libertada com a formação de uma molécula de dióxido de carbono, na queima de combustíveis fósseis. Assim, para gerar a mesma quantidade de electricidade, os reactores de cisão precisam de quantidades de combustível (urânio) muito menores que as centrais convencionais com combustíveis fósseis. Mais importante, não é emitido dióxido de carbono para a atmosfera, uma vez que não se dão combustões. O problema com maior impacto na opinião pública é o destino a dar aos resíduos radioactivos. Cada reactor produz 20 t de resíduos radioactivos por ano, os quais têm que ser armazenados por períodos longos, dada a sua perigosidade. A solução preconizada para estes resíduos é o seu armazenamento em depósitos geológicos profundos, os quais devem começar a ser usados na próxima década. Entretanto, trabalha-se em soluções alternativas para reduzir o volume dos resíduos, bem como a sua perigosidade. Hoje cerca de 400 reactores de cisão produzem 13,4% da electricidade que consumimos a nível Mundial. Em Portugal também se consome electricidade com origem nuclear, importada, sobretudo em anos de pouca pluviosidade, que limitam o aproveitamento das barragens.

O único reactor de cisão em território nacional é o Reactor Português de Investigação (RPI), no Campus Tecnológico e Nuclear do Instituto Superior Técnico. O RPI tem uma potência de apenas 1 MW, mais de 1000 vezes inferior à potência dos reactores usados para gerar electricidade. Foi inaugurado em 1961, no então designado Laboratório de Física e Engenharia Nucleares, da Junta de Energia Nuclear.

Fusão Nuclear:
o sonho de domar a energia das estrelas

Bruno Soares Gonçalves, Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear

A **FUSÃO NUCLEAR** TEM TIDO UM PROGRESSO CONSIDERÁVEL NAS ÚLTIMAS DÉCADAS E PODERÁ EM BREVE SAIR DO LABORATÓRIO TORNANDO-SE UMA OPÇÃO CREDÍVEL E BENIGNA PARA PRODUÇÃO DE ELECTRICIDADE EM LARGA-ESCALA E DE FORMA LIMPA.

Para se atingir a fusão nuclear é necessário aquecer a mistura de deutério e trítio a temperaturas extremamente elevadas (formando-se um plasma) num dispositivo toroidal com campos magnéticos elevados (denominado tokamak) que permite o confinamento do plasma para que este não toque nas paredes. Os combustíveis utilizados, deutério e lítio (de onde se extrai, por processos nucleares, o trítio) são abundantes na natureza (o deutério extrai-se da água). O aproveitamento para produção elétrica é economicamente atrativo porque os estudos preliminares sugerem que o preço do kW.h de electricidade será semelhante aos que estão associados à queima de combustíveis fósseis.

A fusão nuclear é um processo intrinsecamente seguro. Para obtermos fusão é necessário aquecer o plasma até temperaturas muito elevadas e a reacção apenas ocorre em condições adequadas de temperatura e densidade. O combustível apenas é introduzido no reactor em quantidades pequenas (da ordem das dezenas de grama) e à medida que vai sendo consumido. Em caso de falha, a reacção não ocorre e todo o processo extingue-se. Este conjunto de condições tornam a fusão um processo resiliente a acidentes causados por perda de controlo do processo. Embora do processo de fusão resultar a ativação de alguns materiais no interior do reactor, ao contrário do caso da cisão, o nível de radioactividade deste resíduos decai rapidamente para valores seguros (inferiores aos do carvão ao fim de 50 anos), eliminando a necessidade de os armazenar por milhares de anos.

Apesar de todo o seu potencial, esta tecnologia energética ainda está em fase experimental. Atingir a meta da produção da energia eléctrica requer uma intensa actividade de investigação e um esforço de longo-termo com o objectivo de produzir o protótipo do primeiro reactor comercal de fusão nuclear para produção de energia eléctrica. Com essa finalidade existe um programa de investigação e desenvolvimento coordenado pela Euratom (União Europeia e Suiça). O maior dispositivo de fusão em operação, o tokamak JET (Oxford, Reino Unido) conseguiu produzir durante alguns segundos 60% da energia que foi gasta a aquecer o plasma, tendo atingido 90% num pico de um segundo. O JET é colectivamente utilizado por mais de 40 laboratórios membros do "European Fusion Development Agreement", um acordo em que Portugal é representado pelo IST.

O próximo passo é a conclusão da construção do

Bruno Gonçalves

primeiro reator experimental de fusão nuclear, o tokamak ITER (Cadarache, França) onde se pretende provar a viabilidade científica e técnica da energia de fusão. Este reator está projetado para produzir 500 MW de potência de fusão durante 300 segundos (o que corresponde a um ganho de energia de dez vezes). A Euratom financia metade dos custos da sua construção sendo o restante financiamento providenciado por seis parceiros mundiais (China, Índia, Japão, Coreia do Sul, Federação Russa e Estados Unidos). O imenso desafio tecnológico que constitui a sua construção resultou num dos melhores exemplos de globalização da Ciência e Tecnologia. Portugal contribui activamente nas atividades de I&D e de construção do ITER, através do IPFN, estando envolvido no desenvolvimento dos sistemas de controlo e aquisição de dados, em vários diagnósticos e manipulação remota.

O ITER é um passo essencial no sentido de produzir um primeiro reactor de demonstração para produção de energia eléctrica estando em curso vários programas de investigação na física e desenho conceptual deste dispositivo, que visam enfrentar os desafios e acelerar a sua construção. Este esforço considerável permitirá estabelecer a viabilidade da fusão que, uma vez confirmada, abrirá o caminho para a exploração de uma nova fonte de energia limpa e inesgotável que contribuirá para o portefólio de energia da segunda metade deste século e escreverá um novo capítulo na história da humanidade.

Diagnóstico e Terapia com RADIOFÁRMACOS

Por Isabel Rego dos Santos

Isabel Santos

Apesar dos avanços conseguidos nas ciências biomédicas, nas técnicas de diagnóstico e na terapia, o cancro, as doenças cardiovasculares, e as neurodegenerativas continuam a ter um impacte significativo na saúde humana, sendo as principais causas de morte nos países desenvolvidos. Este facto justifica uma investigação multidisciplinar e intensa a nível mundial para melhorar o seu diagnóstico precoce e encontrar terapêuticas cada vez mais específicas e eficazes para as combater.

Das várias técnicas de diagnóstico/imagem clinicamente disponíveis, as Técnicas Nucleares de Imagiologia Molecular, nomeadamente a Tomografia Computorizada de Fotão Único (SPECT) e a Tomografia por Emissão de Positrões (PET), são insubstituíveis pela sua sensibilidade, carácter não invasivo e especificidade. A Terapia com radionuclídeos dirigida a alvos moleculares é inigualável na erradicação de células tumorais disseminadas, e em particular quando existem mecanismos de resistência à quimioterapia. Os Radiofármacos - medicamentos que têm na sua composição um radionuclídeo "são a ferramenta crucial para o sucesso das Técnicas Nucleares, seja para diagnóstico ou terapia.

No Campus de Loures do IST, um grupo multidisciplinar de cientistas" Grupo de Ciências Radiofarmacêuticas - encontra-se também envolvido neste esforço internacional que é a procura de novos compostos radioativos - Radiofármacos" para Imagiologia e Terapia dirigidas a alvos moleculares relacionados com as patologias acima referidas. Este grupo, liderado por Isabel Santos e suportado pela Industria Farmacêutica internacional, pela FCT e por projetos europeus, concebe, sintetiza e procede à avaliação pre-clínica de novos compostos radioactivos - Radiofármacos – para Imagiologia e Terapia dirigidas.

Ao abrigo de um projeto com a Industria e com impacto na cardiologia, no Campus de Loures do IST foi desenvolvido recentemente um composto de Tecnécio-99m que permite uma imagem mais rápida, clara e contrastada do coração, com vista à deteção precoce de doenças da artéria coronária.

No mesmo grupo, os investigadores, em colaboração com outras Instituições de Investigação na Área da Saúde, estão a avançar no sentido da Teranóstica do cancro, nomeadamente das metástases ósseas. Utilizando o par rénio-188/tecnécio-99m, esperam obter radiofármacos que, num único composto, combinam o Diagnóstico com a Terapia Dirigida.

Em oncologia, a detecção e caracterização do gânglio sentinela "primeiro gânglio que recebe linfa do tumor primário - é extremamente importante para o estadiamento do tumor primário e estabelecimento da terapia. Neste domínio, o mesmo Grupo de investigadores do Campus de Loures do IST identificou em estudos pré-clínicos um nanocomposto radioactivo que permite a visualização clara do gânglio sentinela. As propriedades biológicas muito favoráveis desta nova sonda radioactiva abriram caminho para a avaliação clínica.