

Partículas subatômicas são importantes no monitoramento de atividade de reator nuclear

**LUIZ SUGIMOTO**

sugimoto@reitoria.unicamp.br

Dentro de um reator nuclear, durante todo o processo de fissão do urânio para geração de energia elétrica, é emitido um fluxo elevado de neutrinos – partículas subatômicas de carga neutra e de massa extremamente pequena que, por causa da sua fraca interação com a matéria, escapam livremente pela cúpula de concreto. Convém esclarecer ao leitor que esta radiação é inócua para o ser humano e a natureza. Mas por que, então, cientistas estão instalando detectores de neutrinos a 60 metros do reator de Angra 2?

“Um dos objetivos é utilizar os neutrinos para monitorar o estado de atividade do reator nuclear, fornecendo medidas da potência liberada para a queima do combustível [o urânio] e alertando quanto a níveis críticos. Esses parâmetros podem ser colhidos de forma independente da central de controle e contribuiriam para garantir a eficiência e a segurança da usina”, explica o professor Ernesto Kemp, do Departamento de Raios Cósmicos do Instituto de Física Gleb Wataghin (IFGW) da Unicamp.

O outro objetivo do projeto, acrescenta o pesquisador, está ligado com uma questão de segurança mundial: a de salvaguardas para a não-proliferação de armas nucleares. “No ciclo de queima de urânio para gerar energia, vai-se produzindo plutônio, que é a matéria-prima para bombas atômicas. A partir da quantidade inicial de urânio e medindo as potências com que o reator trabalhou durante o processo, saberemos o quanto resultou de plutônio”.

Segundo Ernesto Kemp, as operadoras de usinas, mesmo em países que não assinaram o tratado para uso pacífico da tecnologia nuclear, como os Estados Unidos, seguem a regra de informar a quantidade retirada e armazenada de plutônio à Agência Internacional de Energia Atômica (organismo da ONU que reúne os países signatários). “O detector de neutrinos permitiria averiguar a consistência das declarações prestadas à Agência”.

O docente do IFGW recorda que desde o fim da corrida armamentista, os restos da queima de combustível são acondicionados em contêineres protegidos contra radiação e geralmente estocados em túneis cavados nas montanhas – ou mesmo em grandes piscinas protegidas dentro da contenção de concreto, como em Angra dos Reis. Bastariam vinte quilos para fabricar uma bomba. “Mas é bom deixar claro que o reator que temos no Brasil, ao contrário de outros no mundo, não produz o plutônio pronto para uso bélico. Ele precisa ser processado e o país não tem condições, nem interesse nisso”.

#### Liderança da Unicamp

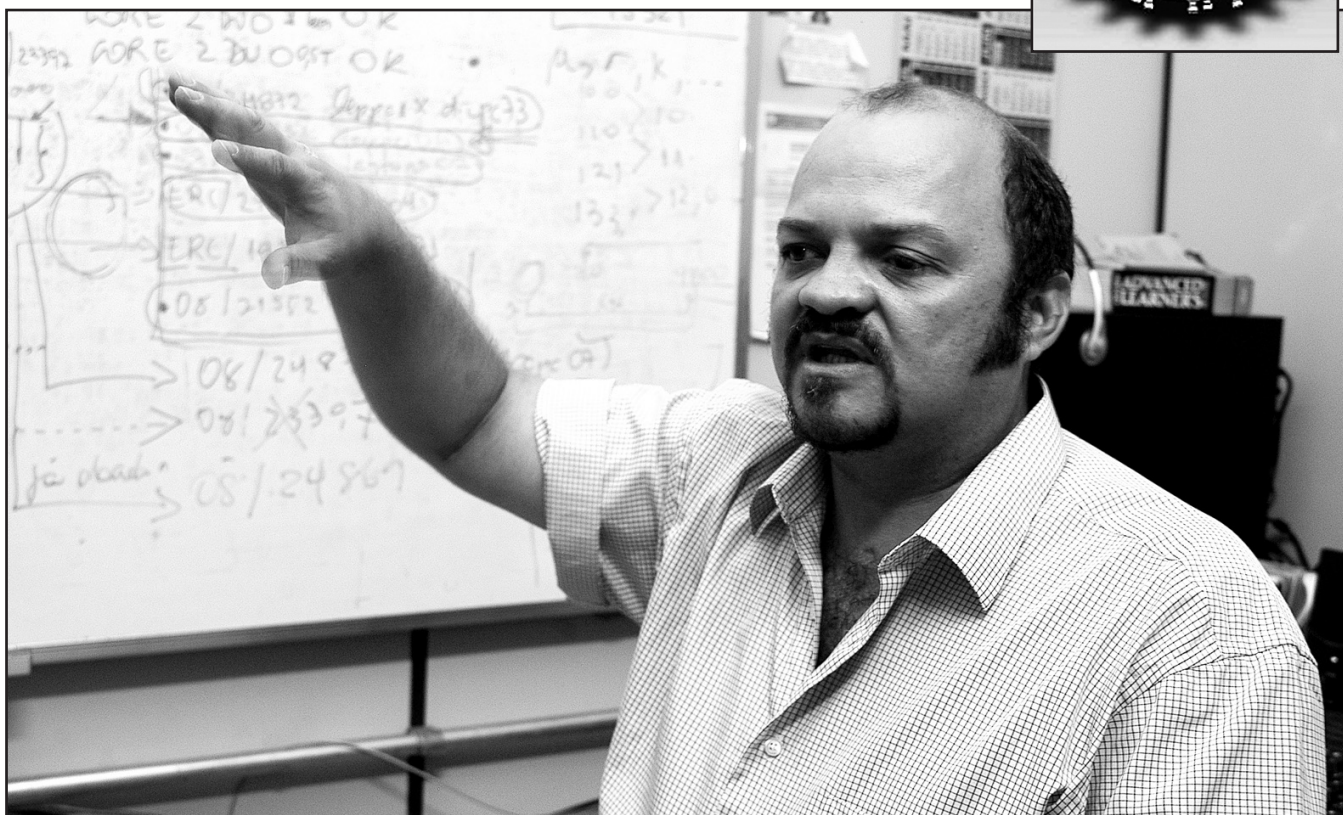
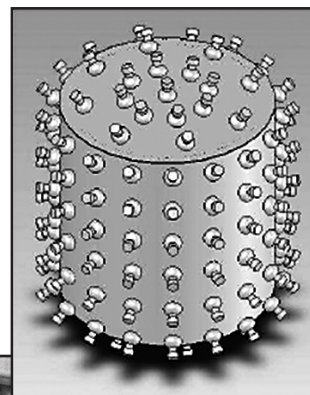
O projeto Neutrinos-Angra é liderado pela Unicamp e pelo Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) e foi viabilizado em convênio tripartite com a Eletro nuclear, subsidiária da Eletrobrás criada para construir e operar as usinas termonucleares do país. Participam do projeto pesquisadores da USP, Universidade Federal do ABC, PUC-RJ, Universidade Federal da Bahia (UFBA) e Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Incluindo os pós-graduandos, o grupo brasileiro chega a 30 pessoas, havendo ainda colaboradores da Itália, França e EUA.

Ernesto Kemp informa que o principal do financiamento da pesquisa vem da Finep: quase R\$ 1 milhão para apresentar os primeiros resultados científicos até 2010. “Os recursos



Contêiner chegando (à esquerda) e já na base da redoma de concreto em Angra 2: aplicação científica

Concepção mecânica do núcleo do detector



O professor Ernesto Kemp, do Departamento de Raios Cósmicos do IFGW: “Estamos medindo toda a radiação ambiente que não venha do reator”

foram liberados no final de 2007, mas ainda utilizamos pouco, devido à dificuldade de adequar o projeto aos níveis de segurança de Angra 2, que são altíssimos. Não era possível, por exemplo, se aproximar do reator com dispositivos que dependam de alta tensão ou produtos inflamáveis, quando os nossos são todos com essas características”.

Somente em outubro passado, depois de a Eletro nuclear avaliar criteriosamente a questão da segurança, é que se iniciou a montagem de um laboratório dentro de um contêiner quase colado à redoma de concreto. “Este projeto interessou pessoalmente ao presidente da Eletro norte, almirante Othon Luiz Pinheiro da Silva, que tem interesse por pesquisas e liderou o desenvolvimento do motor do submarino nuclear brasileiro. Ele gostou da ideia de usar a estrutura da empresa para uma aplicação científica”.

De acordo com o pesquisador da Unicamp, o grupo desenvolveu um sistema de controle remoto das sondas do laboratório e algumas atividades de monitoramento já foram iniciadas. “Estamos medindo, por exemplo, toda a radiação ambiente que não venha do reator. É preciso conhecer muito

bem o que acontece ao redor, a fim de diferenciar o fluxo de neutrinos que vem realmente da queima do urânio. Ter um laboratório funcionando depois de três anos de projeto no papel é um marco”.

#### Tecnologia nacional

Um aspecto importante do projeto Neutrinos-Angra, como ressalta Kemp, é a geração de uma demanda por produção de tecnologia nacional. “O detector que estamos instalando é um aparato com vários subsistemas: o detector de neutrinos na parte central, seguido de uma blindagem contra radioatividade externa e uma última camada para detectar eventos de raios cósmicos que poderiam falsear um evento de neutrinos. Trata-se de um cubo com 3,5 metros em cada face”.

O professor do IFGW afirma que o objetivo é compactar este aparato para facilitar seu transporte, sem prejuízo da robustez, precisão e funcionamento que dispense a assistência constante de um operador. Um avanço obtido é um módulo que capta os sinais elétricos vindos do detector de neutrinos, transformando-os em arquivos de dados para análise em computador. “Este equipamento de eletrônica é

encontrado no mercado, mas em três módulos individuais, ao preço de três mil euros cada. Produzimos um único módulo que engloba as três funções, com custo muito menor”.

O módulo em fase final de testes foi projetado por engenheiros do CBPF, em parceria com Kemp, com a colaboração do Cenpra (Centro de Pesquisas Renato Archer) na parte de microeletrônica. “Além disso, há empresas privadas de Campinas interessadas em produzir *layout* de circuitos, atendendo à nossa expectativa de promover demandas tecnológicas para impulsionar a indústria local. Muito do que importávamos, já produzimos aqui”.

De qualquer forma, Ernesto Kemp observa que não se deve desviar o foco do experimento, que está na chamada física de anti-neutrinos aplicada para monitoramento de reatores nucleares. “Vejo uma valiosa oportunidade de aplicar os conhecimentos sobre um fenômeno que estava apenas na esfera da ciência básica, que se interessa pelas propriedades da matéria. É o ciclo natural da ciência: por vezes, não temos a menor ideia do porquê de um fenômeno; tempos depois, inevitavelmente, tiramos dele uma aplicação tecnológica”.

## Novas luzes sobre os mistérios do universo

O grupo brasileiro envolvido com a física aplicada de anti-neutrinos organizará um workshop internacional em Mangaratiba (RJ), nos dias 19 e 20 de março. Esta oficina, que vai girar em torno da aplicação desta técnica e do desenvolvimento de novas tecnologias, antecede um grande congresso previsto para julho na Europa. “Os convidados do exterior chegarão ao Brasil com alguns dias de antecedência, a fim de discutir o projeto Neutrinos-Angra. Esta área da física está ganhando grande visibilidade mundial”, diz o professor Ernesto Kemp.

O pesquisador da Unicamp explica que há neutrinos cósmicos que nos atingem vindos do sol, de supernovas ou de outras galáxias; e há neutrinos que emanam do centro da Terra, onde também se registra atividade nuclear. “Existe uma série de detectores para estudá-los, cada qual com suas características peculiares. Já o reator nuclear surge como uma fonte de pesquisas bastante sedutora, pois podemos estudar o fluxo de neutrinos sem precisar construir equipamentos tão caros como um acelerador de partículas”.

Segundo Kemp, experimentos em reatores nucleares estão sendo montados na usina de Chooz, na França (este com a participação do grupo brasileiro), e no complexo de Daya Bay, na China. “O objetivo principal, no campo da pesquisa básica, é encontrar e medir uma grandeza chamada ‘ângulo de mistura quântico  $\theta_{13}$ ’, o parâmetro físico que falta (de um total de seis) para a descrição teórica das propriedades de oscilação dos neutrinos”.

Trocando os detalhes complexos em miúdos, o professor explica que este parâmetro pode ser a chave para compreender por que existe muito mais matéria do que antimatéria no universo. “A descoberta das causas desta assimetria, que em física denominamos violação de carga e paridade, traria novas luzes, por exemplo, sobre a evolução e a formação das estruturas do universo”.

Kemp acrescenta que, quanto mais fechada a descrição das propriedades dos neutrinos, eles deixam de ser objeto para se tornar ferramenta de estudo. “Sabendo como essas partículas interagem com a matéria e como se comportam durante a propagação, teremos informações importantes sobre o que está acontecendo no sol, em estrelas que explodem, nas vizinhanças de buracos negros, em núcleos ativos de galáxias e também no centro da Terra. Já se especula, inclusive, o uso do fluxo de neutrinos para identificar jazidas minerais e de petróleo”.

#### Candidatura

O professor recorda que em outro workshop internacional realizado aqui, em 2005, quando os especialistas ainda organizavam um esforço internacional para medir o ‘ângulo de mistura quântico  $\theta_{13}$ ’, os brasileiros se candidataram para construir um detector em Angra para este fim. “Um ano depois, decidiu-se que a pesquisa seria abrigada na França, que já tinha um projeto em estágio avançado e devido a aspectos relacionados com experiência anterior, logística e financiamento. Nessa ocasião ocorreu a fusão dos vários grupos de pesquisadores de diferentes países”.

Entretanto, como o grupo brasileiro já havia iniciado negociações com a Eletro nuclear para realizar experimentos em Angra 2, buscou-se um novo enfoque para o projeto. “Na época, já se discutia a possibilidade de utilizar os neutrinos como ferramenta de estudos e é isto o que estamos fazendo. Dependendo dos resultados que colhermos, a pesquisa poderá ser prorrogada para bem além de 2010”.

## SERVIÇO

Mais informações sobre os projetos envolvendo neutrinos em:

**[www.e-science.unicamp.br/angra](http://www.e-science.unicamp.br/angra)**

**[www.doublechooz.in2p3.fr/](http://www.doublechooz.in2p3.fr/)**

**[www.dayawane.ihcp.ac.cn/twiki/bin/view/Public/](http://www.dayawane.ihcp.ac.cn/twiki/bin/view/Public/)**