

TORIANITA DO AMAPÁ

LEONAM DOS SANTOS GUIMARÃES*
Capitão de Mar e Guerra (RM1-EN)

Nos anos 80, mais precisamente entre 1986 e 1989, o Laboratório de Análise Mineral da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen), a pedido da Secretaria do Conselho de Segurança Nacional, que estava investigando uma possível evasão de minério do norte do País, analisou amostras de torianita¹. A investigação foi conduzida à época pelo Comandante Sérgio Cruz Quintieri, já falecido.²

Este minério é muito semelhante à cassiterita, minério de estanho, até na forma dos cristais. A torianita já havia sido encontrada em lotes de exportação de cassiterita, como se fosse este minério, e

também em apreensões de contrabando por aeronaves destinadas à Guiana.

As investigações da Secretaria do Conselho de Segurança foram interrompidas em 1989, não se tendo informações sobre os resultados alcançados. A origem exata deste minério também não é de conhecimento público, estando possivelmente associada à mina de pirolusita (dióxido de manganês) da Serra do Navio³, no Amapá, atualmente esgotada.

A análise então feita desse minério apresentou altíssimos teores de óxido de tório (acima de 80%), óxido de urânio (4 a 8%) e cerca de 10% de chumbo radiogênico (pro-

* Chefe de gabinete do presidente da Eletrobras Termonuclear S/A (Eletronuclear).

¹ <http://www.jornaldaciencia.org.br/Detalhe.jsp?id=11221>

² http://istoevip.terra.com.br/reportagens/paginar/22273_CARTAS/1

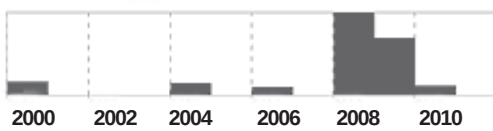
³ http://pt.wikipedia.org/wiki/Serra_do_Navio

duto de uma cadeia de decaimento radiativo), com predominância do isótopo Pb-208⁴, descendente do isótopo mais abundante do tório na natureza, o Th-232⁵, sobre os outros isótopos naturais do chumbo, que são Pb-204, Pb-206, Pb-207.

O chumbo natural tem, em média, a seguinte composição: Pb-204 (1,4%), Pb-206 (24,1%), Pb-207 (22,1%) e Pb-208 (52,4%). Entretanto, diferentemente do urânio, que na natureza tem uma composição isotópica praticamente fixa, o chumbo pode ter uma composição isotópica bem variada, dependendo da origem do minério. Note-se que o chumbo encontrado na torianita é 88% composto pelo isótopo Pb-208⁶, ou seja, é “naturalmente enriquecido” neste isótopo.

Notícias de apreensões de cargas contrabandeadas do Amapá com variadas quantidades de torianita têm surgido de forma recorrente na imprensa. Um consulta no Google para as palavras-chave “torianita” e “Amapá” fornece 815 notícias⁷. Dentro do período 2000-2010, essas notícias têm a distribuição temporal quantitativa mostrada pela figura a seguir⁸.

2000-10 **Pesquisar outras datas**



Em 1993, a *Folha de S. Paulo* noticiava a apreensão de 1.300 quilos do material numa casa no centro de Belém que estaria

no local “desde outubro de 1992” (vide reprodução a seguir).

Casa guardava 1,3 ton de material radiativo

Da Agência **Folha**

A Polícia Federal de Belém apreendeu anteontem no centro da cidade 1,3 tonelada torianita, material radiativo. O material estava em uma casa abandonada e é um composto formado por tório, urânio e chumbo, encontrado em grande quantidade na Amazônia.

A torianita foi achada em uma casa do centro de Belém e, segundo a Polícia Federal, estava no local desde outubro de 92. Se processado, o produto pode ser usado para a fabricação de combustível nuclear.

Segundo a PF, o imóvel pertence ao médico Robert Jesus Fonseca Coelho. Ele continua em liberdade, mas não foi localizado ontem pela **Folha**.

O delegado Demerval Aparecido Francisco afirmou que aguarda um laudo que comprove a radiatividade do produto para decidir se pede ou não a prisão preventiva de Coelho.

Análise

A PF informou que um técnico da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) chegaria a Be-

lém ontem à noite e faria hoje uma análise mais detalhada do material.

A torianita foi levada para um depósito da Polícia Federal na capital paraense e está armazenada em sacos de estopa.

Segundo análises prévias feitas por técnicos do Pará, o nível de radiatividade é baixo, já que o material estava em estado bruto. Se processada, a torianita dá origem ao tório, substância fortemente radioativa.

A polícia chegou ao depósito de torianita por intermédio de um informante cuja identidade não foi divulgada. Os policiais investigam a possibilidade de o material ser destinado a contrabando, para o Iraque —que usaria o tório beneficiado para produção de mísseis nucleares.

O mesmo informante disse à PF que a torianita pertence ao médico e a dois empresários acusados de envolvimento no esquema PC e em tráfico de drogas.

Segundo o delegado Demerval Aparecido Francisco, o material é proveniente do município de Calçoene, no Amapá.

A reportagem especula que o material seria contrabandeado para o Iraque, “que usaria o tório beneficiado para produção de mísseis nucleares”. Não se tem informações sobre o resultado das investigações nem sobre a composição do material apreendido então.

A reportagem investigativa mais ampla identificada foi aquela publicada pela re-

⁴ <http://www.matpack.de/Info/Nuclear/Nuclids/P/Pb208.html>

⁵ <http://en.wikipedia.org/wiki/Thorium-232>

⁶ <http://www.chicobruno.com.br/lista.php?idC=12099>

⁷ http://www.google.com.br/search?q=torianita+amap%C3%A1&num=100&hl=pt-BR&lr=&rlz=1R2ADFA_pt-BRBR383&prmdo=1&source=lnms&ei=2p5wTMSwCcP38AbmjvXwCg&sa=X&oi=mode_link&ct=mode&ved=0CBgQ_AU

⁸ http://www.google.com.br/search?num=100&hl=pt-BR&lr=&tbo=1&rlz=1R2ADFA_pt-BRBR383&prmdo=1&tbs=t1%3A1&q=torianita+amap%C3%A1&btnG=Pesquisar&aq=f&aql=&aql=&oq=&gs_rfai=

vista *Isto É* de 17 de maio de 2006 denominada “O contrabando do urânio brasileiro”⁹. A reportagem se refere a uma apreensão de 600 kg feita pela Polícia Federal em 12 de julho de 2004¹⁰. Segundo análise feita pela Cnen à época, essa torianita possuía 75% de tório, 7,5% de urânio e 10% de óxido de chumbo em sua composição.

Conforme o próprio título da reportagem, o autor supõe que o interesse pela torianita decorra do urânio nela contido. Chega mesmo a avaliar o preço do quilo do material, “de US\$ 200 a US\$ 300”. Note-se que existem pelo menos duas empresas internacionais^{11, 12} que comercializam pela internet a torianita bruta, supostamente originária das minas de Sri Lanka¹³, a US\$ 450 por quilo.

Estes valores, entretanto, são incompatíveis com os preços no mercado internacional *spot* do diuranato de amônia (DUA) (*yellow cake*), que contém mais de 70% de urânio e é atualmente negociado a valores inferiores a US\$ 100 o quilo.

A torianita bruta tem um teor de urânio de 4 a 8%. Ainda que esse teor seja bastante superior aos teores dos minérios brutos de urânio em exploração comercial no mundo (inclusive pela INB – Indústrias Nucleares do Brasil – na mina de Cachoeira em Caitité, na Bahia), ele é muito menor ao teor de urânio do *yellow cake* comercial, com preço muito inferior. Além disso, o beneficiamento da torianita para produção de urânio é um processo tecnologicamente difícil e caro.

Portanto, as possibilidades de que a torianita seria contrabandeada para extração do urânio nela contido por países que

tivessem dificuldades de obtenção de *yellow cake* no mercado internacional, tais como o Iraque na década de 90 e o Irã atualmente, parecem pouco prováveis.

Também careceria de fundamento supor que o interesse pela torianita viesse do tório nela contido, pois este mineral radioativo é muito abundante, particularmente nas areias monazíticas brasileiras e indianas, e tem baixa procura no mercado. Seu uso como combustível nuclear é ainda experimental e seu uso como material fértil para produção do isótopo físsil do urânio U-233, potencialmente aplicável a artefatos nucleares, é pouco provável, pois os isótopos físseis U-235 e Pu-239 são muito mais eficazes e de aplicação muito mais fácil.

A torianita é um minério com uso comercial restrito, sem cotação no mercado internacional, economicamente inviável para extração de urânio e tório e que é encontrado na beira de rios na forma de rochas.

A reportagem levanta ainda a possibilidade de essa torianita ser usada moída, com o objetivo de adulterar a columbita-tantalita (coltan)¹⁴, um minério usado na fabricação de óxidos de nióbio (nome mais comum do colúmbio) e tântalo, utilizado na produção de ligas especiais em tecnologias de ponta (informática, aeroespacial, entre outras), e que tem significativa procura no mercado e preços bastante elevados, da ordem de mais de US\$ 500 o quilo.

No Brasil, as maiores reservas de coltan encontram-se nos estados de Amazonas, Roraima (com predominância no sul do estado) e Amapá, com quase 52,1% das reser-

⁹ http://www.istoe.com.br/reportagens/21854_O+CONTRABANDO+DO+URANIO+BRASILEIRO?pathImagens=&path=&actualArea= internalPage

¹⁰ <http://noticias.ambientebrasil.com.br/clipping/2004/08/25/15802-policia-federal-no-amapa-apreen-de-minerio-extraido-ilegalmente.html>

¹¹ http://www.chinaqualitydigital.com/d-p1117589478965070400-thorianite_crude_powder/

¹² <http://trade-metal.com/thorianite-crude-powder-p23297.html>

¹³ <http://en.wikipedia.org/wiki/Thorianite>

¹⁴ <http://pt.wikipedia.org/wiki/Coltan>

vas de todo o mundo. Entretanto sua exploração atual é feita somente pela empresa peruana Minsur, detentora da concessão minerária da mina de Pitinga – AM¹⁵. O minério lá produzido é levado em caminhões para Pirapora do Bom Jesus, próximo a São Paulo, onde é beneficiado e exportado.

Recentemente foi divulgado na mídia¹⁶ que a INB discute com a peruana Minsur, detentora da concessão minerária da reserva de Pitinga, a possibilidade de desenvolver uma nova rota tecnológica para explorar o urânio na região, onde, estima-se, há cerca de 150 mil toneladas do mineral. Uma técnica diferenciada é necessária porque, nessa área, o urânio encontra-se associado a outros dois minerais, columbita e cassiterita, o que tornará o acesso ao elemento mais difícil. A mineradora peruana já explora nióbio e estanho. O Instituto de Energia Nuclear da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) será também um potencial aliado no desenvolvimento da nova rota tecnológica.

Não fica claro, portanto, qual coltan seria adulterado pela torianita contrabandeada. Não faria muito sentido contrabandeá-la para o exterior, a não ser que o coltan a ser adulterado não fosse o nacional, ou que a adulteração do coltan nacional fosse feita fora do País, possibilidade que, apesar de não ser descartável *a priori*, parece pouco provável.

Em 2008, a *Folha de S. Paulo* publicou novamente matéria sobre o tema¹⁷. Nela é le-

vantada a possibilidade de que o interesse pela torianita decorra do Pb-208 nela contido, que “seria utilizado para a refrigeração de reatores”, o que é coerente com pesquisas que vêm sendo desenvolvidas na Rússia¹⁸. Levanta também a possibilidade de o interesse decorrer de outro uso do Pb-208, que seria “o revestimento de bombas de nêutrons^{19,20,21,22}, famosas pelo potencial de matar seres vivos e ter um impacto menor sobre prédios e construções”, possibilidade que já havia sido levantada no passado²³.

A possibilidade de que o interesse despertado pela tantalita do Amapá, que leva ao seu contrabando a preços elevados, reside no seu terceiro componente majoritário, que é o chumbo naturalmente enriquecido no isótopo Pb208²⁴, é a mais provável. Note-se que a torianita normalmente comercializada (vide notas 10 e 11) provém de Sri Lanka e de Madagascar²⁵. Os minérios destes locais, entretanto, são pobres em chumbo (1,8% e 2,29%, respectivamente), em comparação com o minério brasileiro (cerca de 10%). Existem também ocorrências deste mineral em Índia, Rússia, EUA, Canadá, África do Sul e Congo (vide nota 12), mas não foram obtidas informações sobre os teores de chumbo nesses minerais.

Cabe ainda registrar que a Rede Globo levou o tema ao horário nobre na série “Globo Amazônia” apresentada no “Fantástico” de 4 de outubro de 2009²⁶. A reporta-

¹⁵ <http://www.cnen.gov.br/lapoc/tecnica/inspmind.asp>

¹⁶ <http://www.energiahoje.com/online/elettrica/termo/2010/12/02/422190/tecnologia-para-uranio-no-am.html>

¹⁷ <http://www.chicobruno.com.br/lista.php?idC=12099>

¹⁸ <http://www.world-nuclear.org/info/inf08.html>

¹⁹ <http://nuclearweaponarchive.org/Nwfaq/Nfaq1.html>

²⁰ <http://www.financialsensearchive.com/editorials/douglass/2003/0311.html>

²¹ <http://nuclearweaponarchive.org/Library/Brown/index.html>

²² http://www.fact-index.com/n/ne/neutron_bomb_1.html

²³ <http://www.jornaldaciencia.org.br/Detail.jsp?id=11221>

²⁴ <http://pintassilgo2.ipen.br/biblioteca/2009/inac/15187.pdf>

²⁵ <http://www.handbookofmineralogy.org/pdfs/thorianite.pdf>

²⁶ <http://www.globoamazonia.com/Amazonia/0,,MUL1329170-16052,00-RAIFICANTES+DO+AMAPA+VENDEM+MATERIAL+RADIOATIVO+OBTIDO+ILEGALMENTE.html>

gem cita que “no mercado regular países que obedecem a normas mundiais podem comprar um quilo de urânio puro por 200 reais. Nas negociações clandestinas, contudo, o quilo do urânio ainda misturado à torianita, sem passar por nenhuma purificação, pode chegar a R\$ 2.500 – 12 vezes mais”. O repórter deve ter se referido à relação entre o quilo da torianita bruta e o quilo do *yellow cake* comercial, o que faz sentido. Nota-se, entretanto, que o preço do material contrabandeado teria aumentado substancialmente desde 2004, quando a referência de reportagem da época seria “de US\$ 200 a US\$ 300”. O valor de R\$ 2.500 também não é compatível com o preço de US\$ 450 obtido atualmente (vide nota 10).

Outro ponto relevante na reportagem do “Fantástico” é a declaração de um suposto contrabandista que afirma ter como cliente recente “um pessoal do Iraque”. Ora, certamente esse “pessoal” nada teria a ver com o Governo do Iraque atual, sob ocupação americana. A afirmação, entretanto, levanta a possibilidade de envolvimento de algum país árabe, em especial o Irã, como receptor do material.

A possibilidade de o Irã ser o receptor deste material para recuperação de urânio é preocupante. Entretanto, para isso ser verdade, seria necessário que o Irã tivesse desenvolvido ou adquirido uma tecnologia específica para beneficiamento desse material, que, como já foi dito, seria muito cara e complexa. Por não se dispor de informações sobre este aspecto específico, não se pode descartar essa possibilidade, principalmente quando se sabe que os estoques de *yellow cake* do Irã encontram-se pratica-

mente esgotados desde o final de 2008^{27, 28}, o que certamente deve estar levando o Governo de Teerã a buscar fontes de suprimento “alternativas”, dadas as sanções da Organização das Nações Unidas (ONU) às quais está submetido.

Se este fato se confirmar, isso poderá a colocar o Brasil numa posição desconfortável junto à comunidade internacional. Entretanto, ainda que o fato não seja verdadeiro, ou seja, que a torianita do Amapá tenha outros usos alheios ao urânio e ao Irã, o Brasil corre ainda o risco de ser envolvido numa acusação do tipo daquela que foi forjada para implicar o Iraque de Saddam Hussein numa suposta compra clandestina de *yellow cake* do Níger. Esta fraude foi amplamente noticiada pela imprensa após a invasão do Iraque^{29, 30}, tendo sido usada como suposta “prova” do envolvimento de Saddam com “armas de destruição em massa”, contribuindo como justificativa para a própria invasão. A situação hoje é muito semelhante com relação ao Irã, e tal ação de inteligência poderia se repetir, mas desta vez envolvendo o Brasil.

O chumbo raramente é encontrado no seu estado elementar³¹. O mineral de chumbo mais comum é o sulfeto denominado de galena (com 86,6% deste metal). Outros minerais de importância comercial são o carbonato (cerusita) e o sulfato (anglesita), que são mais raros. Geralmente é encontrado chumbo com minerais de zinco, prata e, em maior abundância, de cobre. Também é encontrado em vários minerais de urânio e de tório, já que vem diretamente da desintegração radioativa destes radioisótopos. Os minerais comerciais podem conter pouco chumbo (3%), porém o mais comum é em

²⁷ http://www.timesonline.co.uk/tol/news/world/middle_east/article5576589.ece

²⁸ http://www.isisnucleariran.org/assets/pdf/Iran_Yellowcake.pdf

²⁹ http://en.wikipedia.org/wiki/Niger_uranium_forgeries

³⁰ <http://cryptome.org/niger-docs.htm>

³¹ <http://pt.wikipedia.org/wiki/Chumbo>

torno de 10%. Os minerais são concentrados até alcançarem um conteúdo de 40% ou mais de chumbo antes de serem fundidos.

O chumbo tem quatro isótopos naturais estáveis, que, com a respectiva abundância natural, são: Pb-204 (1,4%), Pb-206 (24,1%), Pb-207 (22,1%) e Pb-208 (52,4%). O Pb-206, o Pb-207 e o Pb-208 são os produtos finais de uma complexa cadeia de decaimento que se inicia com o U-238, o U-235 e o Th-232, respectivamente. As correspondentes meias-vidas desses esquemas de decaimento são: 4.47×10^9 , 7.04×10^8 e 1.4×10^{10} anos, respectivamente. Cada um deles é documentado em relação ao Pb-204, o único isótopo natural radioativo não radiogênico. As escalas de relações isotópicas para a maioria de materiais naturais são 14.0-30.0 para Pb-206/Pb-204, 15.0-17.0 para Pb-207/Pb-204 e 35.0-50.0 para Pb-208/Pb-204, embora numerosos exemplos fora destas escalas sejam relatados na literatura³².

Note-se que métodos de separação e recuperação do Pb-208 dos resíduos de tório e terras raras gerados na unidade piloto de purificação de nitrato de tório que operou no Brasil, mas já foi descomissionada, foram objeto de tese de doutorado no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen)³³.

O isótopo Pb-208 tem uma característica física única: ele é o mais pesado dos isótopos “duplamente mágicos”, que são hélio-4 (He-4), oxigênio-16 (O-16), cálcio-40 (Ca-40), cálcio-48 (Ca-48), níquel-48 (Ni-48) e chumbo-

208 (Pb-208)³⁴. Seus 82 prótons e 126 nêutrons são arranjados em camadas completas no núcleo atômico, o que lhe dá excepcional estabilidade, com mínimas seções de choque (probabilidade de ocorrência) para as reações nucleares, simultaneamente tendo um elevado peso atômico.

Isso torna o Pb-208 o único material pesado que é praticamente transparente aos nêutrons. Esta propriedade de transparência aos nêutrons o torna particularmente interessante para uso em aplicações nucleares que requeiram a maximização do fluxo neutrônico, com mínimas perdas por absorção.

É o caso dos reatores nucleares rápidos resfriados a chumbo líquido³⁵, tecnologia desenvolvida pela URSS nos anos 70 para emprego na propulsão nuclear de submarinos (classe *Alfa*) e que hoje está sendo retomada por diversos países para desenvolvimento da chamada “Generation IV”³⁶ de usinas nucleares e também para os chamados Accelerator Driven Systems – ADS³⁷, reatores “incineradores” de actínídeos menores (rejeitos nucleares de longa vida). O uso de chumbo enriquecido no isótopo 208 como fluido de resfriamento do núcleo do reator nessas aplicações traz grandes vantagens³⁸. O Pb-208 também é utilizado como fonte de nêutrons para sustentar a reação em cadeia no núcleo dos ADS³⁹. Nesse caso, ele compõe alvos para o acelerador desses sistemas, gerando nêutrons pela reação de espalação induzida por prótons de alta energia⁴⁰. Não se identifica,

³² http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-50532007000500014&script=sci_arttext

³³ <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-04062007-160337/>

³⁴ [http://en.wikipedia.org/wiki/Magic_number_\(physics\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Magic_number_(physics))

³⁵ http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V1R-50GC64W-1&_user=10&_coverDate=11%2F30%2F2010&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=b50ff7885f5872f5bf1975834e11c40a

³⁶ <http://www.gen-4.org/Technology/evolution.htm>

³⁷ <http://www.world-nuclear.org/info/inf35.html>

³⁸ <http://elibrary.ru/item.asp?id=13601941>

³⁹ http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Sergio%20Anefalos%20Pereira_D.pdf

⁴⁰ <http://www.emc2009.iprj.uerj.br/down.php?fid=295>

entretanto, uma razão para que a obtenção do Pb-208 para essas aplicações seja feita por vias ilícitas.

É também o caso de artefatos nucleares “Enhanced Radiation – ER”, que visam maximizar a geração de altos fluxos de nêutrons com um mínimo efeito de calor, ondas de choque e geração de produtos de fissão, as chamadas “bombas de nêutrons”. Os EUA desenvolveram e produziram três ogivas de nêutrons – uma quarta foi cancelada antes da produção. Todas foram retiradas de serviço e desmanteladas.

A ogiva W66 para o míssil Sprint foi a primeira a ser desenvolvida. Ela foi fabricada durante 1974-75 e foi aposentada em agosto de 1975, após poucos meses de serviço, quando o sistema Sprint foi desativado (cerca de 70 foram feitas). Ela tinha uma energia de vários quilotons (20 kt foi relatado) e, podem ou não ter usado combustível DT (Deutério-Trítio).

A W70 Mod-3, desenvolvida como ogiva do míssil Lance, tinha uma energia total de cerca de 1 kt de fusão. Ela foi fabricada durante 1981-83, sendo retirada de serviço em 1992, após serem fabricadas 380 unidades.

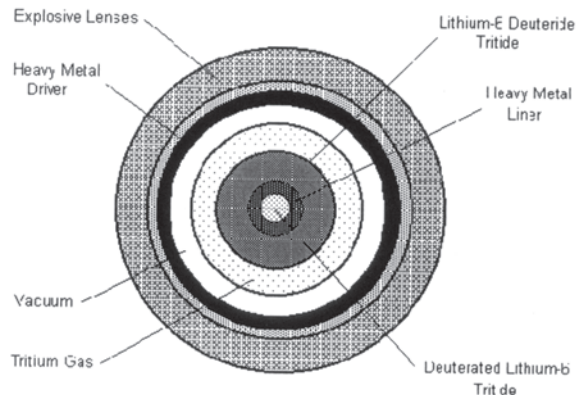
A ogiva W79 Mod-0 foi desenvolvida para projétil de artilharia de 8 polegadas. Tinha um rendimento variável de 100 t a 1,1 kt. A de menor energia foi uma arma de fissão pura⁴¹, a de maior energia foi de 800 t de fusão (73%) e 300 t de fissão. Elas foram fabricadas durante 1981-1986. Essa versão começou a ser retirada de serviço em meados da década de 80, sendo todas descomissionadas em 1992. Foram construídos 325 artefatos deste tipo.

A W82 Mod-0 foi desenvolvida para projétil de artilharia de 155 milímetros, com energia variável semelhante à W79. Foi

cancelada em outubro de 1983, sem ir para produção.

Rússia, China, França e Israel também desenvolveram projetos de bomba de nêutrons e podem tê-las em serviço. Algumas fontes afirmam que Israel também teria desenvolvido esse tipo de artefato.

Outro conceito de artefato ER seria o tipo *fission-free*, ou seja, um artefato de fusão pura, conforme figura a seguir, em que o Pb-208 poderia ser usado como *heavy metal liner* ou como *heavy metal driver*. Não há informações se tal artefato efetivamente tenha sido desenvolvido ou esteja em desenvolvimento por algum dos países nuclearmente armados.



O Pb-208 também poderia ainda ser utilizado para a produção de trítio, material fundamental para a produção de artefatos de fusão, por meio de sua irradiação com íons de deutério, segundo a reação nuclear apresentada a seguir⁴². Restam, entretanto, dúvidas quanto à eficiência e à capacidade industrial deste processo produ-



⁴¹ <http://nuclearweaponarchive.org/Library/Brown/index.html>

⁴² [http://es.wikipedia.org/wiki/Trit%C3%B3n_\(qu%C3%ADmica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Trit%C3%B3n_(qu%C3%ADmica))

zir quantidades significativas de trítio necessárias a um artefato de fusão.

No caso da obtenção do Pb-208 para essas aplicações em artefatos nucleares, podem ser identificadas razões para o uso de vias ilícitas, dado o sigilo que estaria necessariamente envolvido.

O Pb-208 é também bastante utilizado em pesquisa básica experimental em física

nuclear⁴³, incluídas nessas pesquisas a geração de isótopos artificiais estáveis ultrapesados. Note-se que existem empresas especializadas que fornecem comercialmente chumbo enriquecido no isótopo 208⁴⁴, porém em pequenas quantidades. Não se pode, portanto, descartar a possibilidade de estas empresas buscarem sua matéria-prima no “mercado negro”.

CLASSIFICAÇÃO PARA ÍNDICE REMISSIVO:

<CIÊNCIA & TECNOLOGIA> Energia nuclear; Radiação; Pesquisa;

⁴³http://web.if.usp.br/pesquisa/sites/default/files/Microsoft%20PowerPoint%20-%20Rubens_Lichtenthaler2009.pdf

⁴⁴ <http://www.americanelements.com/pb208.html>