



MCT - Ministério da Ciência e Ensino Superior

INSTITUTO TECNOLÓGICO E NUCLEAR

Departamento de Protecção Radiológica e Segurança Nuclear

Relatório DPRSN-A, nº 23/2002

**Radioactividade de Origem Artificial no
Estuário do Tejo na Área Ribeirinha do
Município de Lisboa**

Fernando P. Carvalho, João M. Oliveira, Jorge M. Gouveia

Isabel Figueira, Paula Monteiro

*Apresentado no 10º Encontro Nacional de Saneamento Básico/I Simpósio
Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental
Universidade do Minho, Braga, 16-19 Setembro de 2002*

Departamento de Protecção Radiológica e Segurança Nuclear

Director: Fernando Piedade Carvalho
Endereço: Estrada Nacional 10, 2686-953 Sacavém, Portugal
Telefone: +351 - 21 994.60.00
Fax: +351 - 21 994.19.95
e-mail: dprsn@itn.pt
Pág. web: <http://www.itn.pt>

Ficha Técnica

Título	Radioactividade de origem artificial no estuário do Tejo na área ribeirinha do município de Lisboa
Autoria	Fernando P. Carvalho, João M. Oliveira, Jorge M. Gouveia Isabel Figueira, Paula Monteiro
Edição	Instituto Tecnológico e Nuclear Dep. Protecção Radiológica e Segurança Nuclear
Tiragem	50 exemplares
ISBN	972-8660-22-7
Depósito Legal	188453/02
Data da Edição	Novembro de 2002
Responsável pela edição	M ^a Luísa Pedro

RADIOACTIVIDADE DE ORIGEM ARTIFICIAL NO ESTUÁRIO DO TEJO NA ÀREA RIBEIRINHA DO MUNICÍPIO DE LISBOA

Fernando P. Carvalho, João M. Oliveira, Jorge M. Gouveia

*Instituto Tecnológico e Nuclear, Departamento de Protecção Radiológica e Segurança Nuclear. E.N.
10, 2686-953 Sacavém*

Isabel Figueira, Paula Monteiro

*Câmara Municipal de Lisboa, Departamento de Saneamento, Divisão de Controlo de Qualidade,
Estrada de Chelas, 113^A, 1900 Lisboa*

Resumo

A aplicação de radioisótopos em medicina nuclear (radiodiagnóstico e quimioterapia) é frequente em numerosos estabelecimentos clínicos e hospitalares públicos e privados. Na cidade de Lisboa existem cerca de quatro dezenas de estabelecimentos deste tipo e ainda estabelecimentos de armazenagem e preparação de radiofármacos. Apesar dos esforços para uma gestão correcta de resíduos e observância criteriosa de regras de segurança no tratamento dos efluentes sólidos e líquidos dos estabelecimentos hospitalares, há libertação de efluentes líquidos ainda radioactivos para a rede de saneamento do município de Lisboa.

O controlo destas descargas de efluentes radioactivos tem sido efectuado pela Câmara Municipal de Lisboa com a colaboração do Departamento de Protecção Radiológica e Segurança Nuclear do ITN, desde 1989. Os resultados das análises de amostras recolhidas na rede de saneamento confirmam a presença de concentrações, por vezes elevadas, de radionuclidos de origem antropogénica junto dos pontos de descarga de estabelecimentos hospitalares.

Parte da drenagem dos efluentes urbanos da cidade de Lisboa, efectuada pela rede de saneamento, é encaminhada para ETARs e, outra parte, é ainda descarregada directamente para o estuário do Tejo. Durante o corrente ano foram efectuadas três campanhas de amostragem do meio aquático no estuário para análise de radioactividade. Recolheram-se amostras de água, sedimentos, mexilhões e peixes, em vários locais ao longo da margem Norte, entre a Ponte Vasco da Gama e a Ponte 25 de Abril, directamente relacionados com as quatro principais descargas no estuário. Os resultados preliminares, aqui apresentados, indicam a detecção ocasional de radioisótopos como o Iodo-131 (¹³¹I) e o Tecnécio-99m (^{99m}Tc), que têm origem nos estabelecimentos hospitalares. Além destes radioisótopos detectam-se, também, vários radionuclidos naturais (urânio, tório) em concentrações normais.

O estudo prossegue para se poder concluir qual a extensão da contaminação radioactiva causada pelos efluentes radioactivos drenados para a rede de saneamento e descarregados para o estuário do Tejo e, assim, se avaliar o risco para a saúde pública.

Palavras chave: Radioactividade, Iodo-131, Tecnécio-99m, águas residuais de Lisboa, estuário do Tejo

RADIOACTIVITY FROM ARTIFICIAL ORIGIN IN THE ESTUARY OF THE TAGUS NEAR LISBON

Abstract

Radioisotopes are used in nuclear medicine at public and private hospitals. In Lisbon it exists about 40 establishments of this kind and a few more storage and preparation facilities. In recent years there has been an increasing effort to improve the management of solid and liquid effluents from hospitals in agreement with safety rules. Nevertheless, there are still radioactive liquid effluents discharged into the drainage system of the municipality of Lisbon. Since 1989, radioactive monitoring of the samples collected in the sewers confirms the presence of high concentrations of artificial radioisotopes near the discharge point of hospitals.

During the current year several sampling campaigns were performed also in the estuary of the river Tagus, close to the discharge of the main city sewers. These campaigns included the collection of samples of water, sediments, mussels and fish in several locations between the Bridge 25 of April and the Bridge Vasco da Gama. The gamma spectrometry analysis showed the presence of radioisotopes such as ^{131}I and $^{99\text{m}}\text{Tc}$ from usage in hospitals. Furthermore, natural radionuclides such as uranium and thorium isotopes were also measured.

The radionuclide survey is still on going in order to fully assess the radiological impact of the discharges of effluents from nuclear medicine facilities.

Key-words: radioactivity, iodine-131, technecium-99m, domestic effluents from Lisbon, Tagus Estuary.

1. INTRODUÇÃO

Em medicina nuclear, quer em radiodiagnóstico quer em quimioterapia, utilizam-se diversos radioisótopos, tais como o Iodo-131 (^{131}I), o Tecnécio-99m ($^{99\text{m}}\text{Tc}$), o Crómio-51 (^{51}Cr), o Gálio-68 (^{68}Ga), o Cobalto-58 (^{58}Co), entre cerca de duas dezenas de radioisótopos usualmente produzidos para este fim.

Na sua maioria estes radioisótopos são emissores de radiações beta (β) e gama (γ), e têm períodos de semi-desintegração ($T_{1/2}$) curtos, geralmente de horas a algumas dezenas de dias. De um modo geral, em medicina são preferencialmente utilizados radioisótopos de vida curta, pois o uso de radioisótopos de vida longa poderia resultar numa exposição do paciente às radiações ionizantes desnecessariamente prolongada. Os radioisótopos de período curto, após o uso como auxiliares de diagnóstico ou agentes de terapêutica, têm a vantagem de não subsistirem no organismo do paciente, nas instalações e no ambiente durante muito tempo. A desintegração radioactiva levará ao seu desaparecimento mais ou menos rápido.

Diversos estabelecimentos hospitalares em Lisboa, tal como noutras cidades, utilizam diariamente radioisótopos. Deste uso resultam resíduos laboratoriais e efluentes, incluindo os excreta dos pacientes, contendo a radioactividade que foi eliminada. Geralmente, procura-se que a descarga destes efluentes não crie o problema de contaminação radioactiva do pessoal hospitalar, das instalações e do ambiente (Carvalho, 2001). Para tal os estabelecimentos hospitalares adoptam regras de recolha, separação e armazenagem dos efluentes sólidos e líquidos (no entanto, ainda não harmonizada).

Os efluentes líquidos hospitalares, especialmente os que contêm os excreta dos pacientes, podem conter níveis elevados de radioactividade. Alguns destes estabelecimentos estão equipados com tanques de retenção para permitir o decaimento radioactivo dos efluentes contaminados antes da sua largada para a rede de saneamento da cidade de Lisboa.

Em estudos prévios, efectuados no decurso dos últimos doze anos pela Divisão de Controlo de Qualidade do Departamento de Saneamento da Câmara Municipal de Lisboa, em colaboração com o Departamento de Protecção Radiológica e Segurança Nuclear (DPRSN), foi monitorizada a radioactividade das águas residuais do município em vários pontos. Sobretudo na proximidade dos ramais de ligação dos estabelecimentos hospitalares à rede de saneamento, com frequência têm sido

detectadas actividades muito elevadas, por vezes excedendo 10^7 Bq/L. No afluente à ETAR detectam-se, por vezes, actividades ainda elevadas (Figueira e Monteiro, 2001). As águas residuais, após tratamento nas ETARs, bem como os efluentes urbanos drenados para os colectores não ligados a ETAR, são lançadas no estuário do Tejo.

Este trabalho, iniciado em 2002, tem por objectivo caracterizar e avaliar a eventual contaminação do estuário do Tejo na área ribeirinha do Município de Lisboa tentando estabelecer uma relação com a drenagem dos esgotos urbanos. Apresentam-se aqui alguns resultados preliminares obtidos com este estudo.

2. ÁREA DE ESTUDO

O estuário do Tejo tem o volume aproximado de 2.0×10^9 m³, recebendo uma descarga média do rio Tejo da ordem dos 450 m³/s, ou seja 1.3×10^{10} m³ a⁻¹. O tempo de residência médio da água no estuário, cerca de 55 dias, e de vários radionuclidos das séries naturais são bem conhecidos (Carvalho, 1997). É também conhecida a presença de radionuclidos de origem industrial, que afectam sobretudo o estuário médio junto à margem sul, na zona do Lavradio (Carvalho, 1995), mas que não são os mesmos que se utilizam em medicina.

O volume da descarga das águas residuais da cidade de Lisboa no estuário não é conhecido. Desta descarga uma fracção importante passa actualmente por ETARs e o restante, embora não quantificado, é ainda lançado directamente no estuário. É o caso das águas residuais da bacia de drenagem do Terreiro do Paço.

Nem todos os estabelecimentos que utilizam a rede saneamento declaram, ou nem sequer controlam, a composição dos seus efluentes líquidos. Apesar da grande diluição que estes efluentes poderão sofrer na rede de saneamento, importa conhecer que radionuclidos chegam ao ambiente através da sua drenagem para a rede.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Procedeu-se à amostragem de água, sedimentos, mexilhões (*Mytilus galloprovincialis*) em vários locais da margem Norte do estuário, na proximidade das saídas dos quatro colectores principais e em pontos intermédios, situados entre a Ponte 25 de Abril e a Ponte Vasco da Gama.

A amostragem é efectuada sazonalmente, na maré baixa, de bordo de uma embarcação pneumática do Regimento de Sapadores Bombeiros de Lisboa, recorrendo a pequenas dragas, raspadores e camaroeiros adequados à recolha dos materiais pretendidos para análise. Foram efectuadas, até ao momento, três campanhas de amostragem.

A Figura 1 mostra a área urbana de Lisboa com as principais bacias de drenagem e pontos de descarga para o estuário do Tejo. Estão assinalados também os pontos de recolha das amostras do meio aquático para a análise de radioactividade.

As amostras são colocadas directamente em sacos plásticos identificados, acondicionadas em caixas isotérmicas e transportadas para o laboratório. De imediato, as amostras são preparadas para as análises radiométricas que são realizadas nas 24 horas seguintes. As amostras de água são simplesmente coadas através de uma rede de nylon, com 200 μm de poro, para eliminar detritos de maiores dimensões, e transferidas para recipientes de polietileno, com 2 L de capacidade, de forma especial (Marinelli) que permite otimizar a geometria de detecção de radiações. Os mexilhões são desagregados dos aglomerados em que normalmente se encontram, lavados com água da torneira e acondicionados em recipientes idênticos. Os sedimentos são vertidos também para os "Marinelli" para medida directa. As amostras de peixe (músculo apenas) são moídas para se acondicionar a amostra no volume do recipiente.

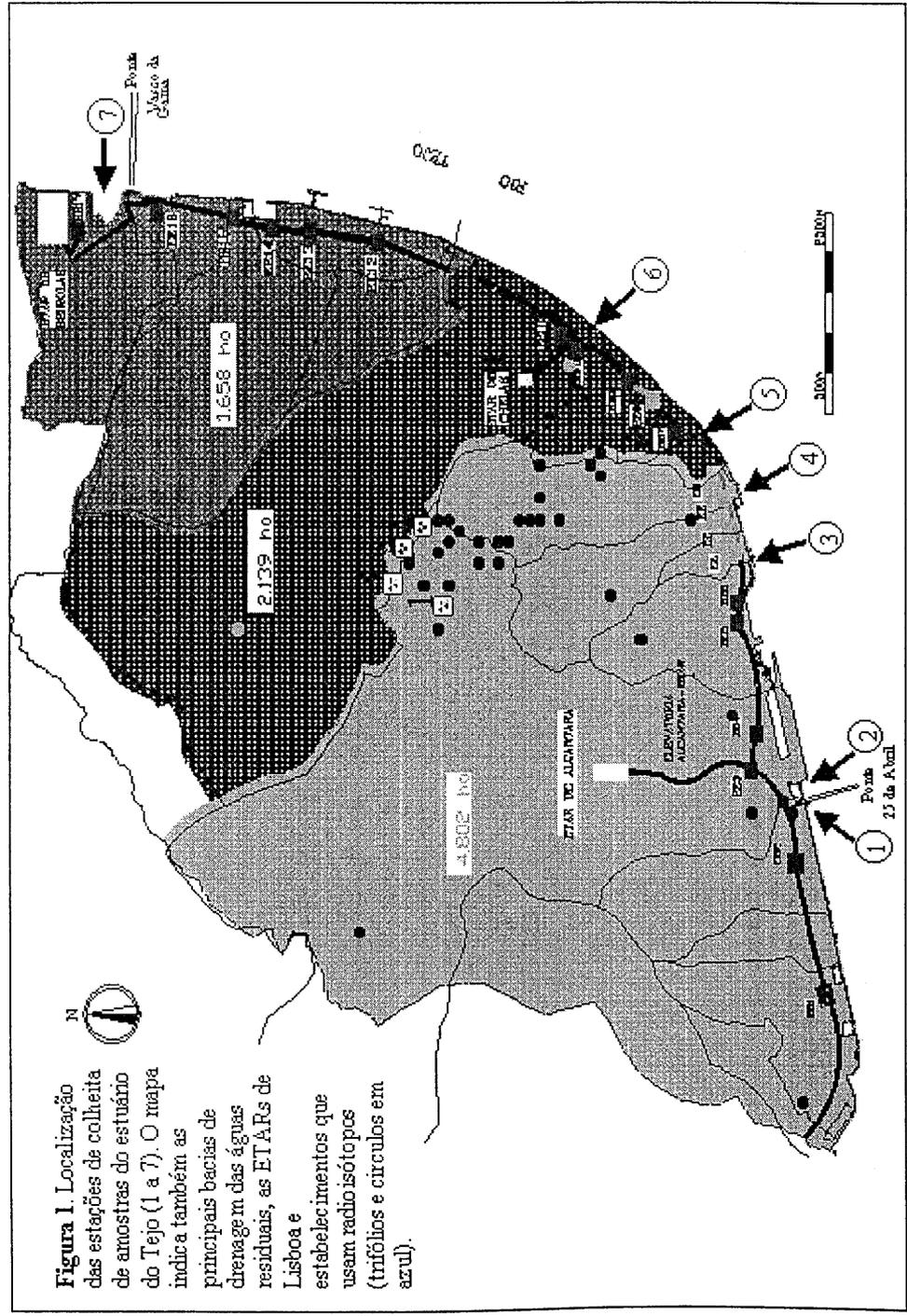


Figura 1. Localização das estações de colheita de amostras do estuário do Tejo (1 a 7). O mapa indica também as principais bacias de drenagem das águas residuais, as ETARs de Lisboa e estabelecimentos que usam radioisótopos (trifólios e círculos em azul).

As determinações dos radionuclídeos são efectuadas com detectores de Germânio Hiperpuro (HpGe), calibrados com fontes radioactivas certificadas (Amersham). O controlo da qualidade analítica é efectuado através da participação periódica do DPRSN em exercícios internacionais de intercomparação organizados pela Agência Internacional de Energia Atómica. Nestes exercícios, os laboratórios participantes recebem uma amostra de composição não conhecida para análise. O DPRSN tem demonstrado, ao longo dos anos, precisão e rigor nos resultados destes exercícios.

4. RESULTADOS

As análises efectuadas durante o corrente ano indicam a presença de ^{131}I e de $^{99\text{m}}\text{Tc}$ em várias amostras do estuário do Tejo. A Figura 2 exemplifica os espectrogramas típicos de amostras de água, mexilhões e sedimento recolhidos no estuário. Podem notar-se vários picos correspondentes às energias de radiação gama dos radionuclídeos das famílias naturais, sobretudo do urânio e do tório, bem como o pico do ^{40}K , que fazem parte do fundo radioactivo natural. Estão assinaladas com destaque os picos dos radioisótopos de origem artificial, ^{131}I e $^{99\text{m}}\text{Tc}$, que se detectaram com mais frequência nestas amostras. Outro radionuclídeo artificial, o ^{137}Cs , é também detectável, sobretudo nas amostras de sedimentos, mas tem origem nas deposições atmosféricas de poeiras radioactivas dos ensaios de bombas nucleares (Eisenbud & Gesell, 1997). O ^{137}Cs detecta-se também nos solos do nosso País e não é proveniente dos resíduos hospitalares.

As concentrações dos principais radionuclídeos naturais e artificiais, determinadas nas amostras do estuário recolhidas em Fevereiro de 2002, estão apresentadas na Tabela 1. Não se detectaram radionuclídeos de origem artificial nas amostras de peixe analisadas naquela data. Contudo, a pesca e o consumo de peixe e crustáceos do estuário do Tejo, que tem tendência a aumentar (Público, 2002), leva-nos a considerar esta via como uma via potencial de retorno destes contaminantes radioactivos à população.

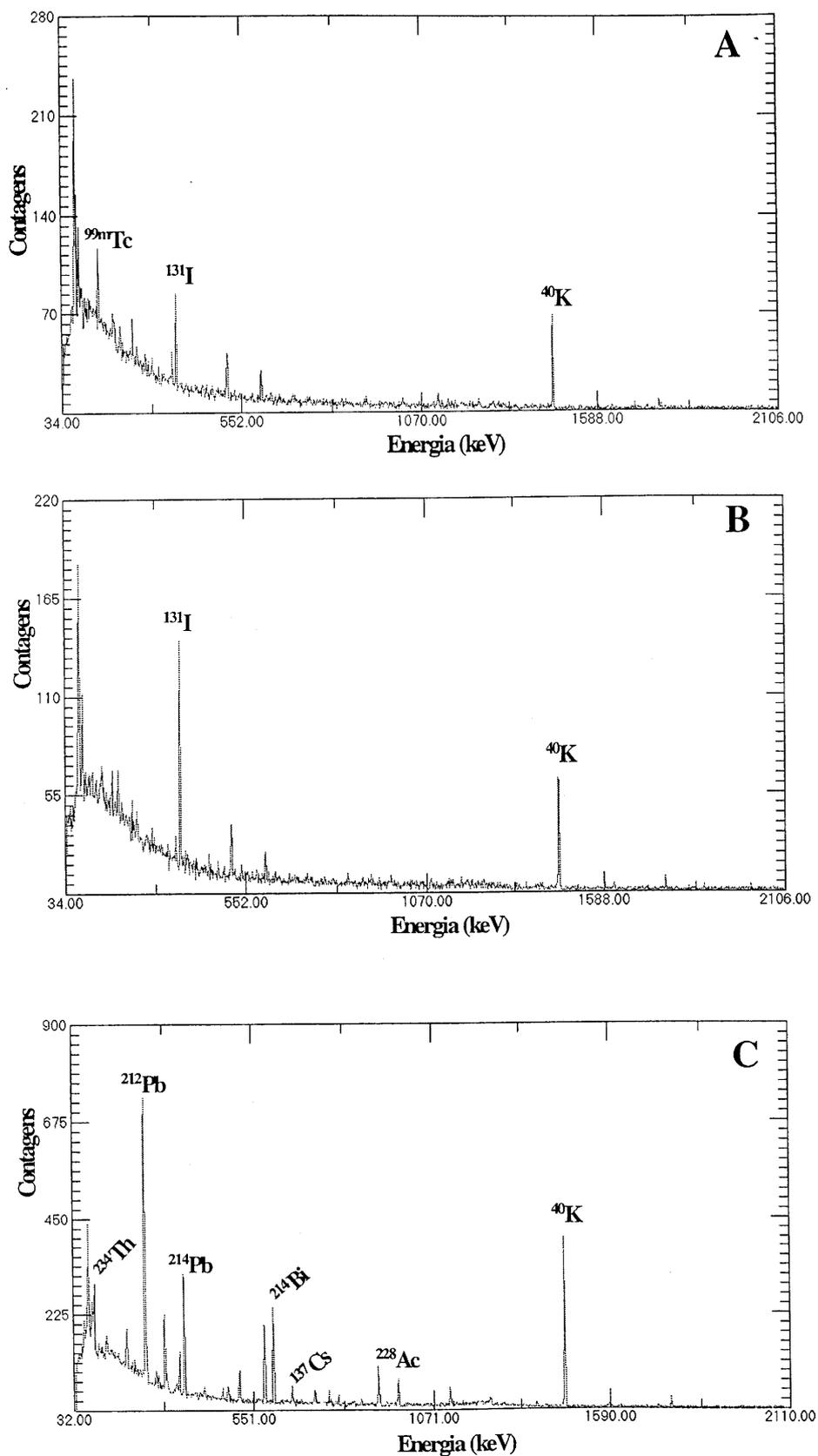


Figura 2. Espectrograma de amostras do estuário do Tejo, analisadas em fresco.
 A: amostra de água, B: amostra de mexilhão, C: amostra de sedimento.

Tabela 1. Concentrações de alguns radionuclídeos emissores gama nas amostras do estuário do Tejo, recolhidas a 27 Fevereiro 2002 (Bq kg⁻¹, peso fresco).

Tipo	Estação de Colheita	Radionuclídeos										
		⁴⁰ K	²²⁶ Ra	²²⁸ Ra	²³⁴ Th	^{99m} Tc	¹³¹ I	¹³⁷ Cs				
Água (Bq L ⁻¹)	1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	2	27,2 ± 5,0	n.d.	n.d.	n.d.	3,3 ± 0,8	3,2 ± 0,6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	6	19,5 ± 2,1	0,5 ± 0,1	n.d.	6,0 ± 1,4	0,5 ± 0,1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	7	14,2 ± 1,8	5,4 ± 1,6	n.d.	7,4 ± 1,3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sedimento (Bq kg ⁻¹)	1	331,5 ± 9,2	17,2 ± 0,5	21,6 ± 0,4	25,1 ± 3,2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,8 ± 0,2	1,7 ± 0,3
	2	284,9 ± 10,1	13,7 ± 0,5	16,4 ± 0,5	20,6 ± 4,1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4	428,8 ± 10,4	29,8 ± 0,6	41,7 ± 0,7	62,1 ± 4,2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,3 ± 0,2	1,5 ± 0,2
	5	311,6 ± 8,0	15,5 ± 0,5	15,2 ± 0,4	50,2 ± 4,0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,5 ± 0,2	1,5 ± 0,2
	6	283,2 ± 9,9	12,8 ± 0,5	14,7 ± 0,4	38,3 ± 3,6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,5 ± 0,2	1,5 ± 0,2
	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mexilhão (Bq kg ⁻¹)	1	65,6 ± 13,1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	11,8 ± 1,1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	15,5 ± 1,6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4	42,1 ± 3,3	1,0 ± 0,1	n.d.	7,1 ± 1,4	n.d.	0,9 ± 0,2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	5	27,6 ± 3,8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,0 ± 0,2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	6	17,7 ± 4,9	n.d.	1,5 ± 0,2	n.d.	n.d.	0,9 ± 0,1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	7	20,3 ± 7,7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,2 ± 0,3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Tainha (Bq kg ⁻¹)	6	618,1 ± 21,4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

n.d. = não detectado; —, amostra não recolhida

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Vários radionuclídeos utilizados em estabelecimentos hospitalares, sobretudo o ^{131}I e o $^{99\text{m}}\text{Tc}$, são detectáveis no estuário do Tejo, sobretudo em amostras de água e de bivalves. As concentrações medidas, pelo menos nesta data de amostragem, são relativamente baixas. Em comparação com as concentrações dos mesmos radioisótopos medidas na rede de saneamento próximo dos pontos de descarga dos efluentes hospitalares, as concentrações no estuário são cerca de 10^6 vezes inferiores, devido ao decaimento radioactivo e à diluição dos radioisótopos entretanto ocorridos na rede de saneamento.

A presença de radioisótopos artificiais no estuário é, pelo menos nalguns pontos, provavelmente também uma consequência da existência de descargas directas de águas residuais e da ligação à rede de saneamento de estabelecimentos ainda não identificados.

Esta contaminação seria, no entanto, evitável com o recurso a uma armazenagem temporária e tratamento mais adequado dos efluentes hospitalares.

Este estudo prossegue para permitir uma caracterização mais completa das descargas e a avaliação do risco de exposição às radiações ionizantes para os elementos do público.

REFERÊNCIAS

- Carvalho, F.P. (1995). ^{210}Pb and ^{210}Po in sediments and suspended matter in the Tagus estuary, Portugal. Local enhancement of natural levels by wastes from phosphate ore processing industry. *The Science of the Total Environment* 159:201-214.
- Carvalho, F.P. (1997). Distribution, cycling and mean residence time of ^{226}Ra , ^{210}Pb and ^{210}Po in the Tagus estuary. *The Science of the Total Environment* 196:151-161.
- Carvalho, F.P. (2001). Cuidados na Utilização de Substâncias Radioactivas nos Hospitais. Apresentado nas "Acções de Sensibilização Ambiental em Água Residuais Hospitalares", organizadas pela Direcção Geral de Infraestruturas e Equipamentos de Saúde, Ministério da Saúde, Lisboa, Coimbra, Porto, 2001. Relatório DPRSN, Série B, nº 13.
- Eisenbud, M. and Gesell, T. (1997). *Environmental Radioactivity*. 4th Edition. Academic Press.
- Figueira, I. & Monteiro, P. (2001). Implicações das descargas de águas residuais hospitalares nos sistemas de saneamento. Apresentado nas "Acções de Sensibilização Ambiental em Água Residuais Hospitalares", organizadas pela Direcção Geral de Infraestruturas e Equipamentos de Saúde, Ministério da Saúde, Lisboa, Coimbra, Porto, 2001.
- Público (2002). Regresso das corvinas atrai centenas de pescadores de fim-de-semana ao Tejo. *Jornal "Publico"*, 30 de Julho 2002.