



MCES - Ministério da Ciência e do Ensino Superior

INSTITUTO TECNOLÓGICO E NUCLEAR

Departamento de Protecção Radiológica e Segurança Nuclear

Relatório DPRSN-A, nº26/03

Vigilância Radiológica a Nível Nacional (Ano 2002)

M. José Madruga, Fernando P. Carvalho, M. Manuela Sequeira, Graciete Ferrador, M. Adelaide Gameiro, Mário Reis, Jorge Gouveia, Luis Ramos, João M. Oliveira, Vitor Silvino, Lubélia Machado, Isabel Faria, Anabela Lucas, M. Amélia Pereira, M. Anjos Tavares, Albertina Libânio, Carla Pires, Sandra Curado

28 de Março de 2003

Departamento de Protecção Radiológica e Segurança Nuclear

Director: Fernando Piedade Carvalho
Endereço: Estrada Nacional 10, 2686-953 Sacavém, Portugal
Telefone: +351 - 21 9946000
Fax: +351 - 21 9941995
e-mail: dprsn@itn.mces.pt
Pág. web: <http://www.itn.pt>

Ficha Técnica

Título	Vigilância Radiológica a Nível Nacional (Ano 2002)
Autoria	Maria José B. Madruga, Fernando P. Carvalho, M. Manuela Sequeira, Graciete Ferrador, M. Adelaide Gameiro, Mário Reis, Jorge Gouveia, Luis Ramos, João M. Oliveira, Vitor Silvino, Lubélia Machado, Isabel Faria, Anabela Lucas, M. Amélia Pereira, M. Anjos Tavares, Albertina Libânio, Carla Pires, Sandra Curado
Edição	Instituto Tecnológico e Nuclear Dep. Protecção Radiológica e Segurança Nuclear
Tiragem	60 exemplares
ISBN	972-8660-27-8
Depósito Legal	194022/03
Data da Edição	28 de Março de 2003
Responsável pela edição	M ^a Luísa Pedro

Vigilância Radiológica a Nível Nacional (Ano 2002)

M. José Madruga, Fernando P. Carvalho, M. Manuela Sequeira, Graciete Ferrador, M. Adelaide Gameiro, Mário Reis, Jorge Gouveia, Luis Ramos, João M. Oliveira, Vitor Silvino, Lubélia Machado, Isabel Faria, Anabela Lucas, M. Amélia Pereira, M. Anjos Tavares, Albertina Libânio, Carla Pires, Sandra Curado

Resumo

No âmbito do Artigo 35 do Tratado da EURATOM, o Departamento de Protecção Radiológica e Segurança Nuclear (DPRSN) vem realizando desde há vários anos a vigilância radiológica do ambiente a nível nacional. Em 2002, o programa contínuo de monitorização ambiental consistiu na determinação de radionuclídeos artificiais e naturais em compartimentos ambientais (atmosfera, meio aquático e terrestre) considerados vias directas de contaminação para o Homem. Neste contexto, analisaram-se amostras de aerossóis e água da chuva, amostras de águas de superfície, sedimentos, peixes e plantas aquáticas, provenientes das principais bacias hidrográficas (rios Tejo, Zezêre, Guadiana, Mondego e Douro), amostras de águas de consumo, produtos alimentares, refeições completas, leite e solos. A actividade nos radionuclídeos artificiais e naturais foi determinada usando os métodos de medida por espectrometria gama, espectrometria alfa, medida alfa/beta total e medida beta por cintilação líquida. Os resultados obtidos para os radionuclídeos artificiais são da ordem de grandeza do fundo radioactivo natural, indicando que não há contaminação radioactiva. O valor de dose estimada para a população portuguesa devida à ingestão e inalação dos radionuclídeos artificiais e naturais determinados nestas amostras é muito baixo, não tendo qualquer significado sob o ponto de vista da produção de efeitos biológicos e sanitários na população Portuguesa. Em consequência, não há necessidade de se recomendar qualquer medida de protecção radiológica.

Palavras Chave: vigilância radiológica, atmosfera, meio aquático, meio terrestre

Abstract

In the framework of the EURATOM Treaty Article 35, the Department of Radiological Protection and Nuclear Safety (DPRSN) have been performed since several years a nacional environmental radiological survey. In 2002, the continuous environmental monitoring programme consisted on measuring artificial and natural radionuclides in environmental compartments (atmosphere, aquatic and terrestrial environment) considered as direct pathways of contamination to men. In this context, samples of aerosols, rainwater, surface water, sediments, fish, aquatic plants, drinking water, mixed diet, complete meals, milk and soils were analysed. The activity in the artificial and natural radionuclides was determined using the gamma spectrometry, alpha spectrometry, alpha/beta global measurements and beta measurement by liquid cintillation. The results for artificial radioactivity are on the same order of magnitude of the radioactive background, suggesting no radioactive contamination. The estimated dose to the portuguese population due to inhalation and ingestion of the artificial and natural radionuclides measured in these samples is very low and without significance from point of view of biological and sanitary effects on the Portuguese population. Therefore, there is no need to adopt any recommendation for radiological protection.

Key Words: radiological assessment, atmosphere, aquatic environment, terrestrial environment

1. INTRODUÇÃO

O Tratado da EURATOM da União Europeia estabelece no seu Artigo 35 que, cada Estado Membro, deve instituir os meios necessários para a realização da monitorização contínua dos níveis de radioactividade no ar, água e solo e assegurar concordância com os “Basic Safety Standards” (Council Directive 96/29/EURATOM). O Artigo 36 do mesmo tratado estabelece que, cada Estado Membro, deverá comunicar periodicamente à Comissão Europeia, através de uma Autoridade Competente, os resultados do programa de monitorização referido no Artigo 35. A Comissão Europeia tem incentivado os Estados Membros a cumprirem esse programa tendo efectuado Recomendações acerca do tipo de medidas a realizar, sobre a periodicidade das mesmas e os radionuclidos a detectar (Official Journal of the European Commission, 2000).

O Departamento de Protecção Radiológica e Segurança Nuclear (DPRSN) do Instituto Tecnológico e Nuclear (ITN) tem como competência, estabelecida no Dec. Lei 311/98 de 14 de Outubro, alínea g) assegurar a realização de acções de levantamento e vigilância radioecológica ambiental. Posteriormente, pelo Dec. Lei 165/2002 de 17 de Julho Artº 14 alínea b) foi estabelecido que compete ao ITN realizar as medições das concentrações de radionuclidos no ambiente, competência esta que é assegurada igualmente através do DPRSN.

Neste contexto, desde há vários anos que o DPRSN tem vindo a desenvolver um programa contínuo de controlo ambiental, a nível nacional, realizado em compartimentos do ambiente que são considerados como vias directas de transferência dos radionuclidos críticos para o Homem. Os resultados deste programa são inseridos na base de dados EASYPROTEO e enviados para o centro de coordenação do tratado EURATOM, acima referido, sediado em Ispra (Itália), que os publica anualmente em documentos internacionais.

O programa de monitorização ambiental em 2002 consistiu basicamente na medida periódica de radionuclidos críticos em componentes do ambiente considerados vias directas para a transferência da contaminação na atmosfera, no meio aquático e no meio terrestre, a fim de se poder avaliar a contaminação radioactiva e assegurar a protecção radiológica da população Portuguesa.

O controlo radiológico da atmosfera processou-se através da determinação da concentração de radionuclidos em aerossóis e na deposição atmosférica. Os isótopos radioactivos, quer sejam de origem natural ou artificial, podem ocorrer na atmosfera na forma gasosa ou particulada. Em geral, a forma particulada é a que assume maior significado sob o ponto de vista da protecção radiológica, uma vez que essas partículas participam nos

processos de transporte e deposição atmosférica, interagindo com a biosfera. A deposição atmosférica foi avaliada a partir da determinação da concentração de radionuclídeos na água da chuva.

Os radionuclídeos nas águas de superfície (rios e barragens), podem ser encontrados sob forma solúvel ou associados com as partículas em suspensão e podem eventualmente ser incorporados em sedimentos e organismos vivos. O controlo efectuado neste compartimento destina-se a avaliar a influência das descargas de efluentes, provenientes de instalações nucleares, no ambiente. Neste sentido foi realizado o controlo radiológico das principais bacias hidrográficas portuguesas, com um programa mais detalhado para o rio Tejo, devido à existência de vários centros nucleares espanhóis na sua bacia hidrográfica, com especial relevo para a Central Nuclear de Almaraz.

A água para consumo humano é de importância vital para o Homem, podendo vir a tornar-se numa via crítica, após um acidente nuclear e em regiões com elevado fundo radiológico. O objectivo deste programa foi o de analisar águas provenientes das redes de abastecimento de várias aglomerações populacionais, de forma a abranger todo o país. Deu-se ainda, especial ênfase a águas provenientes de regiões uraníferas.

O controlo radiológico do meio terrestre fez-se através da avaliação do nível de contaminação radioactiva em componentes da cadeia alimentar e nos solos. Neste caso, procurou-se que a amostragem dos diversos produtos alimentares fosse a mais representativa possível da situação nacional. Assim, obtiveram-se amostras oriundas das diferentes regiões agrárias de Portugal, através das Direcções Regionais de Agricultura. Paralelamente, foram analisados produtos alimentares provenientes de supermercados da área da grande Lisboa e da região de Vila Velha de Ródão, por ser a região fronteiriça mais próxima da Central Nuclear de Almaraz. O leite, por ser um componente muito importante na dieta dos Portugueses, tem um tratamento separado dos restantes produtos. O seu controlo dá uma indicação imediata dos níveis de radioactividade nas pastagens, devido à deposição atmosférica nos solos.

Neste relatório apresentam-se os resultados da monitorização da radioactividade nos vários componentes ambientais e os resultados da avaliação da dose de radiação para a população Portuguesa, integrando ambos numa perspectiva de protecção radiológica e segurança da população.

Tendo em vista a uniformização dos relatórios internacionais publicados pela União Europeia, contendo os resultados de todos os países participantes, foram definidos os chamados Níveis de Registo (Reporting Levels). Neste documento apresentam-se em anexo, os Níveis de Registo calculados para Portugal.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Controlo Radiológico da Atmosfera

2.1.1 Ar

A avaliação da radioactividade atmosférica foi efectuada através da amostragem contínua de aerossol (Figura 1), recorrendo a uma estação fixa do tipo ASS-500, instalada no *campus* de Sacavém do ITN. A estação está equipada com uma bomba de sucção de alto volume (com um débito de $800 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, em média), uma cabeça de aspiração de grandes dimensões e um medidor contínuo de fluxo (com totalizador de volume de ar filtrado). Os períodos de amostragem têm a duração de uma semana, o que corresponde, em média, a um volume de ar filtrado de cerca de $100000 \text{ m}^3/\text{semana}$. Como substrato de recolha são utilizados filtros de polipropileno tipo G-3, de $44 \times 44 \text{ cm}$.

Após cada período de amostragem, os filtros foram incinerados a 450°C durante 24 horas, sendo a amostra resultante analisada por espectrometria gama em detector de poço de Ge hiperpuro (modelo Canberra GCW2522). O referido detector tem um volume activo de 140 cm^3 e uma resolução de 1,08 keV na energia de 122 keV e 1,83 keV na energia de 1333 keV. Os espectros resultantes são analisados através do software SAMPO 90. O sistema foi calibrado com fontes padrão, preparadas a partir de uma solução de emissores gama QCY 48 (Amersham) e de uma solução de ^{210}Pb (Amersham), com matriz e geometria idênticas às das amostras a analisar.

2.1.2 Deposição Atmosférica

Amostras de água da chuva foram recolhidas mensalmente (período de amostragem de 30 dias) na Estação Meteorológica de Castelo Branco e no *campus* de Sacavém do ITN (Figura 1). O dispositivo de recolha da amostra é constituído por um colector de deposição atmosférica total, em tronco de pirâmide quadrangular, com 1 m^2 de secção.

As amostras recolhidas, num máximo de 30 litros, foram concentradas a 1 litro, por evaporação, e determinada a actividade em radionuclidos, por espectrometria gama, em geometria “Marinelli”, usando detectores de GeHp, acoplados a sistemas de aquisição de dados Ortec, Accuspec A (Canberra) ou Silena. Os dados foram processados usando software Sampo 90 (Canberra) e Gammaplus (Silena). Os sistemas foram calibrados com fontes padrão, preparadas a partir de uma solução de emissores gama QCY 48 (Amersham) e de uma solução de ^{210}Pb (Amersham), com matriz e geometria idênticas às das amostras a analisar.

Nestas amostras foram também efectuadas medidas de radioactividade beta total nas partículas em suspensão ($\leq 45\mu\text{m}$) e na matéria dissolvida, sendo a técnica seguida a da Norma Portuguesa NP 4330 (1996). Para a medida de radioactividade beta total das amostras utilizaram-se dois sistemas de contagem de baixo fundo, com detectores de ionização gasosa, modelos HT 1000 e 2205 da Canberra.

A determinação da radioactividade em trítio (^3H), ^{90}Sr e ^{137}Cs foi efectuada recorrendo a análises específicas. A metodologia seguida para a determinação da radioactividade devida ao ^3H esteve de acordo com a Norma Portuguesa NP 4362 (1997), com enriquecimento isotópico. Partindo de 1 litro de água, não acidificada, procedeu-se a uma purificação, por destilação, e ao enriquecimento isotópico, por electrólise em corrente contínua, seguido de nova destilação. As amostras foram posteriormente medidas num espectrómetro de cintilação líquida da Beckman, modelo LS 6500. Para o ^{90}Sr e ^{137}Cs foram utilizadas técnicas radioquímicas baseadas em separações e purificações sucessivas, fixando-se o ^{90}Sr numa resina específica da EICHRON e o ^{137}Cs em fosfomolibdato de amónio. As amostras foram medidas no sistema beta de baixo fundo, RISO, com detectores Geiger-Muller de fluxo, devidamente calibrados para cada um destes isótopos, com padrões, na mesma forma química e com a mesma geometria das amostras a analisar.

2.2 Controlo Radiológico do Meio Aquático

2.2.1 Rios

As amostragens foram realizadas, sempre que possível, com o auxílio de um barco pneumático, e quando as condições dos rios não o permitiram, foram efectuadas a partir da margem, mas sempre nos mesmos locais. As amostragens foram efectuadas em locais de água corrente, afastados da margem de pelo menos 1 metro, ou a meio do rio, e acerca de 20 cm da superfície. As amostras de água foram recolhidas de acordo com as Normas ISO 5667-5 (1996). A amostragem dos sedimentos foi efectuada com o auxílio de um colhedor de sedimentos (cone de Berthois). As amostras de peixe foram adquiridas a pescadores locais.

Recolheram-se amostras mensais no rio Tejo, em V. Velha de Ródão e Valada e trimestrais nas Barragens de Fratel e Belver. No rio Zezêre (Barragem de Castelo de Bode) a amostragem foi mensal. No rios Douro (Barca d'Alva), Mondego (Barragem da Aguieira) e Guadiana (Barragem do Alqueva) procedeu-se a uma recolha anual (Figura 2).

Águas

Nas amostras de água determinou-se o teor da matéria em suspensão ($\leq 45\mu\text{m}$) e da matéria dissolvida, efectuando-se a respectiva medida de radioactividade beta total. Fizeram-

se também as determinações de radioactividade em ^{137}Cs , ^{90}Sr e ^3H , por métodos radioquímicos, seguidos de medida beta total, conforme descrito em 2.1.2.

Procedeu-se ainda à determinação das concentrações catiónica (sódio, potássio, magnésio e cálcio) e aniónica (cloreto, nitrato, fosfato e sulfato), por cromatografia iónica, usando um cromatógrafo DX500 (Dionex), previamente calibrado com padrões contendo os mesmos iões e na gama de concentrações dos que se pretendem analisar.

Sedimentos

No laboratório, os sedimentos foram secos a 110°C e desagregados, sendo estudada a sua composição granulométrica e classificados do seguinte modo: areia grossa ($1000\mu\text{m} \geq \varnothing > 250\mu\text{m}$) areia média ($250\mu\text{m} \geq \varnothing > 63\mu\text{m}$) e areia fina ($\leq 63\mu\text{m}$).

Do sedimento total ($\leq 1000\mu\text{m}$) e das fracções areia média e areia fina, foram preparadas amostras para medida por espectrometria gama, usando os detectores de GeHp, os sistemas de análise e calibrações, já referidos em 2.1.2.

Peixes

No laboratório, os peixes foram medidos, pesados individualmente e dissecados. O músculo foi seco a 110°C e incinerado a 450°C , sendo determinado previamente o peso fresco e depois os pesos seco e de cinzas. A partir das cinzas foram preparadas amostras e medidas por espectrometria gama, usando os detectores de GeHp, os sistemas de análise e calibrações, já referidos em 2.1.2.

Plantas Aquáticas

No laboratório, as plantas foram lavadas em água corrente, separadas por espécies e secas em papel absorvente. Em seguida, foram secas a 110°C e incineradas a 450°C , sendo determinado previamente o peso fresco e depois os pesos secos e de cinzas. A partir das cinzas foram preparadas amostras e medidas por espectrometria gama, usando os detectores de GeHp, os sistemas de análise e calibrações, já referidos em 2.1.2.

2.2.2 Mar

Procedeu-se a uma colheita anual de amostras de algas e mexilhões em 3 locais de amostragem na Costa Atlântica e nos Estuários do Tejo e Sado (Figura 2).

As amostras foram secas em estufa a 80°C (algas) e liofilizadas (mexilhão) sendo posteriormente incineradas em mufla a 450°C . Das cinzas retirou-se uma alíquota para porta-amostras adequado e determinou-se a actividade em emissores gama, usando os detectores de GeHp, os sistemas de análise e calibrações, já referidos em 2.1.2.

Para a determinação dos radionuclídeos emissores alfa, usou-se para análise uma alíquota de cinzas com aproximadamente 10g. Adicionou-se o traçador isotópico, ^{242}Pu , para determinação dos isótopos de plutónio, e ^{243}Am , para a determinação de ^{241}Am , de modo a permitir a quantificação destes radionuclídeos. Estes foram extraídos por lixiviação ácida ($\text{HNO}_3 + \text{HCl}$) das cinzas e posteriormente separados e purificados por cromatografia com o auxílio de resinas de troca iónica (BIO-RAD). Os radionuclídeos foram electrodepositados em discos de aço inox e posteriormente determinados por espectrometria α em sistema de medida OCTETE PLUS ORTEC, previamente calibrados, com fontes certificadas (QCRB 4021 Amersham).

2.2.3 Águas para Consumo Humano

Recolheram-se amostras de água para consumo humano, com uma periodicidade mensal, em Lisboa, Porto, V. Velha de Ródão e Sacavém. Recolheram-se também duas amostras mensais em localidades escolhidas, aleatoriamente, de modo a abranger todas as regiões do país (Figura 3).

As amostras de água foram recolhidas em torneiras de distribuição ao público, acidificadas na altura da colheita, tendo-se determinado posteriormente, as actividades alfa e beta totais. A metodologia utilizada segue as Normas Portuguesas para águas não salinas, NP 4332 (1996) e NP 4330 (1996), respectivamente para a determinação de radioactividade alfa e beta total. O equipamento utilizado para a medida de radioactividade alfa consistiu num sistema de contagem, da NOVELEC, com duas vias de contagem e cintiladores de sulfureto de zinco. Para a medida de actividade beta total utilizou-se o sistema de contagem de baixo-fundo, referido em 2.1.2. Todos estes sistemas de medida foram periodicamente calibrados com fontes padrão alfa e beta, de acordo com as Normas acima referidas.

Nas amostras de água colhidas em V. Velha de Ródão e Sacavém determinou-se também a actividade em ^{137}Cs , ^{90}Sr e ^3H , seguindo os mesmos procedimentos e normas já descritos em 2.1.2.

Procedeu-se ainda á determinação da actividade em radionuclídeos das famílias naturais do urânio (^{235}U , ^{238}U) e do tório (^{232}Th) em amostras de água para consumo humano provenientes de regiões uraníferas (Figura 4).

Os radionuclídeos a determinar foram precipitados da amostra (cerca de 10 L), sob a forma de hidróxidos com o auxílio de um “carrier”: Mn, para U, Th, Po e Pb, e Al para Ra, na presença de traçadores isotópicos (^{232}U , ^{229}Th , ^{224}Ra , ^{210}Po e “carrier” de Pb).

A separação e purificação radioquímica foi efectuada com o auxílio de resinas de troca iónica, EICHRON para U e Th e BIO-RAD, para Ra e Pb. O Po foi depositado espontaneamente em

disco de Ag. Os restantes radionuclídeos foram electrodepositados em discos de aço inox. O Pb foi precipitado sobre a forma de cromato de chumbo e guardado para permitir o crescimento do seu descendente ^{210}Po que foi posteriormente depositado em disco de Ag. As medidas foram efectuadas por espectrometria α em sistema de medida OCTETE PLUS ORTEC, previamente calibrados com fontes certificadas (QCRB 4021 Amersham).

2.3 Controlo Radiológico do Meio Terrestre

2.3.1 Dieta Mista

O plano de amostragem de diferentes componentes da cadeia alimentar (carne, fruta, vegetal, tubérculo) consistiu em: i) amostras semestrais, recolhidas no produtor, provenientes das 7 Direcções Regionais de Agricultura do Continente e da Inspeção Regional das Actividades Económicas de Ponta Delgada (Açores); ii) 3 amostras anuais de produtos (carne, fruta, vegetal, tubérculo) adquiridos na região de V. Velha de Ródão; e, iii) amostras semestrais (carne, fruta, vegetal, farinha, peixe, marisco) adquiridas em supermercados da área de Lisboa (Figura 5). Analisaram-se ainda amostras de produtos importados cuja amostragem foi efectuada pela Agência para a Qualidade e Segurança Alimentar através da Direcção Geral de Veterinária de Lisboa.

As amostras foram analisadas, directamente, por espectrometria gama, sendo os componentes da cadeia alimentar previamente homogeneizados, por trituração e colocados em porta-amostras de 1 litro, com a geometria “Marinelli”. As medidas de radioactividade foram efectuadas usando os detectores de GeHp, os sistemas de análise e de calibração já referidos em 2.1.2.

2.3.2 Refeições Completas

As amostras de refeições completas foram recolhidas, trimestralmente, na cantina do ITN no *campus* de Sacavém, cujo abastecimento é efectuado por uma empresa que recorre aos mercados da zona de Lisboa (Figura 5). A composição de cada amostra está descrita na Tabela 46.

As amostras foram analisadas, directamente, por espectrometria gama, após os alimentos terem sido previamente misturados e homogeneizados, por trituração e colocados em porta-amostras de 1 litro, com a geometria “Marinelli”. As medidas de radioactividade foram efectuadas usando os detectores de GeHp, os sistemas de análise e de calibração já referidos em 2.1.2.

2.3.3 Leite

Foi analisada uma amostra mensal de leite, adquirida no mercado nacional, correspondendo a leites das principais cooperativas leiteiras portuguesas (Figura 5). Procedeu-se também à análise de uma amostra mensal de leite da região de V. Velha de Ródão e de amostras anuais provenientes das regiões uraníferas (Figura 5), adquiridas directamente ao produtor.

Determinou-se a radioactividade em ^{137}Cs , ^{40}K (isótopo radioactivo natural) e ^{90}Sr nestas amostras.

Para a determinação das actividades devidas ao ^{137}Cs e ^{40}K , foi utilizada como metodologia, a análise por espectrometria gama, efectuada directamente numa amostra de 1 litro (geometria “Marinelli”) de leite cru. As medidas de radioactividade foram efectuadas usando os detectores de GeHp, os sistemas de análise e de calibração já referidos em 2.1.2.

Para a determinação do ^{90}Sr , seguiu-se uma técnica radioquímica baseada em separações e purificações sucessivas e medida da actividade do seu descendente ^{90}Y , em equilíbrio radioactivo com o ^{90}Sr , num sistema beta baixo fundo RISO, já referido em 2.1.2, calibrado com padrões sob a mesma forma química e geometria das amostras a medir.

2.3.4 Solos

Procedeu-se a uma amostragem anual de solos (orgânico e mineral) nos quatro locais indicados na Figura 5. Em cada ponto de amostragem recolheram-se 3 amostras da camada superficial (0-5 cm) do solo, que se misturaram de forma a obter uma amostra mais representativa, usando um core com 8 cm de diâmetro interno.

No laboratório, os solos foram secos a 110°C , desagregados e passados por um peneiro de 1mm de diâmetro. Da fracção $\leq 1000\mu\text{m}$ retirou-se uma alíquota para análise, por espectrometria gama, usando os detectores de GeHp, os sistemas de análise e as calibrações já referidos em 2.1.2.

2.4 Qualidade Analítica

Para além do controlo de qualidade interno, efectuado através da aplicação de procedimentos estabelecidos e testes de reprodutibilidade, o DPRSN procede regularmente à avaliação externa da qualidade analítica.

Com esta finalidade, o DPRSN participa periodicamente em exercícios internacionais de intercomparação analítica para a determinação de radionuclidos artificiais e naturais por espectrometria gama e alfa em amostras sólidas, e, para a determinação de trítio e

medida alfa/beta total em águas. Estes exercícios são organizados, pela Organização Mundial de Saúde, Agência Internacional de Energia Atômica, União Europeia, e por outras organizações, e consistem, basicamente, na análise de amostras de composição desconhecida, distribuídas aos laboratórios participantes. Os resultados obtidos pelos diferentes laboratórios são publicado num relatório após o encerramento do exercício. Através desse relatório, cada laboratório verifica a exactidão desses resultados. Os resultados obtidos nestes exercícios indicam que as determinações efectuadas pelo DPRSN são consistentes com os valores de referência (Bojanowski, R. *et al*, 2001; IAEA, 2002; IRC Note nº50, 2002).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Controlo Radiológico da Atmosfera

3.1.1 Ar

Na Tabela 1 apresentam-se os resultados das médias mensais dos radionuclídeos detectados em aerossóis.

A concentração média mensal das partículas totais em suspensão (PTS) variou entre 24 e 62 $\mu\text{g m}^{-3}$. Verificou-se que a actividade mensal em ^7Be , radionuclídeo cosmogénico formado através da interacção da radiação cósmica com gases atmosféricos, variou entre $2,1 \pm 0,08$ e $4,1 \pm 0,15$ mBq m^{-3} . A actividade em ^{137}Cs , indicadora de eventual contaminação por fontes antropogénicas, foi sempre inferior ao limite de detecção ($0,001$ mBq m^{-3}). Relativamente ao ^{210}Pb , radionuclídeo de origem natural formado a partir do radão, por decaimento radioactivo, a sua actividade mensal variou entre $0,14 \pm 0,04$ e $0,56 \pm 0,04$ mBq m^{-3} . Constatou-se que a actividade em ^{210}Pb em aerossóis é uma ordem de grandeza inferior à observada para o ^7Be .

3.1.2 Deposição Atmosférica

Nas Tabelas 2 e 3 apresentam-se os fluxos mensais de deposição atmosférica para Sacavém (*campus* do ITN) e Castelo Branco (estação meteorológica), respectivamente. Os fluxos apresentados foram calculados com base na determinação da actividade dos vários isótopos em amostras de água da chuva e correspondem a valores de deposição total (por via húmida e seca), uma vez que os colectores se encontraram expostos durante todo o período de amostragem, mesmo na ausência de precipitação. A deposição acumulada ao longo do ano de 2002 não apresentou diferenças significativas entre as duas estações, exceptuando o caso do trítio cuja deposição acumulada atingiu um valor mais elevado em Sacavém (1053 ± 193 Bq m^{-2}), comparativamente ao valor calculado para a estação de Castelo Branco (483 ± 140 Bq m^{-2}).

m⁻²). Esta diferença foi principalmente devida à maior actividade medida em Sacavém, durante o mês de Setembro.

Em geral, foram obtidas correlações elevadas entre os fluxos de deposição total e a quantidade de precipitação, à excepção do ⁹⁰Sr na estação de Sacavém (r=0,27), o que pode indicar uma maior contribuição da deposição por via seca para a deposição total deste radionuclido (em Sacavém). Na estação de Castelo Branco obtiveram-se coeficientes de correlação elevados (r=0,99) para todos os radionuclidos, indicando a maior contribuição da deposição por via húmida para a deposição total, à excepção do ⁷Be (r=0,60).

3.2 Controlo Radiológico do Meio Aquático

3.2.1 Rios

Águas

Os resultados das medidas de radioactividade em águas de superfície colhidas no rio Tejo estão expressos nas Tabelas 4 a 7. Verifica-se que, em geral, as actividades em ¹³⁷Cs e ⁹⁰Sr se mantêm relativamente constantes ao longo do rio (V.Velha de Ródão, Barragem de Fratel, Barragem de Belver, Valada) e durante todo o ano. Para o ¹³⁷Cs, obtiveram-se valores médios anuais de $(1,02 \pm 0,19) \times 10^{-3}$ Bq L⁻¹ em Vila Velha de Ródão, e de $(1,08 \pm 0,25) \times 10^{-3}$ Bq L⁻¹ em Valada. Para o ⁹⁰Sr, os valores médios obtidos foram de $(4,76 \pm 0,77) \times 10^{-3}$ Bq L⁻¹ em Vila Velha de Ródão e de $(4,54 \pm 0,86) \times 10^{-3}$ Bq L⁻¹ em Valada.

Na Figura 6 estão representados os valores mensais da concentração em ³H nos quatro locais de amostragem. Pode observar-se uma variação nas concentrações em ³H ao longo do ano, a qual é mais acentuada em Vila Velha de Ródão. Verifica-se também um decréscimo da actividade em ³H, ao longo do rio, desde V.Velha de Ródão, valor médio $(11,2 \pm 4,5)$ Bq L⁻¹, até Valada, valor médio $(6,3 \pm 1,6)$ Bq L⁻¹ (Tabelas 4 e 7). Na Barragem de Fratel os valores variaram entre $(6,4 \pm 1,3)$ Bq L⁻¹ e $(16,8 \pm 0,1)$ Bq L⁻¹ e na Barragem de Belver entre $(7,0 \pm 1,2)$ Bq L⁻¹ e $(9,4 \pm 1,3)$ Bq L⁻¹ (Tabelas 5 e 6). Este decréscimo poderá ser atribuído à diluição da água ao longo do rio, desde Vila Velha de Ródão até Valada.

Os valores obtidos para a medida beta total na matéria em suspensão são semelhantes ao longo do rio, com valores médios variando entre $(77 \pm 30) \times 10^{-3}$ Bq L⁻¹ em V. Velha de Ródão e $(77 \pm 32) \times 10^{-3}$ Bq L⁻¹ em Valada. Para a medida beta total na matéria dissolvida obtiveram-se valores médios mais elevados em V. Velha de Ródão, $(232 \pm 69) \times 10^{-3}$ Bq L⁻¹, do que em Valada $(145 \pm 50) \times 10^{-3}$ Bq L⁻¹ (Tabelas 4 e 7). Em ambos os casos verifica-se uma grande dispersão dos valores, o que está relacionado com a variação na concentração da matéria em suspensão e da matéria dissolvida ao longo do ano. Obtiveram-se concentrações

médias de $4,2\pm 3,9$ mg L⁻¹ para a matéria em suspensão e 372 ± 79 mg L⁻¹ para a matéria dissolvida, em V. Velha de Ródão (Tabela 10). Em Valada, os valores médios obtidos foram de $14,1\pm 13,4$ mg L⁻¹ para a matéria em suspensão e de 294 ± 67 mg L⁻¹ para a matéria dissolvida (Tabela 13).

A Tabela 8 apresenta os resultados das medidas de radioactividade em águas de superfície colhidas no rio Zêzere, na Barragem de Castelo de Bode. Verifica-se que os valores das actividades em ¹³⁷Cs e ⁹⁰Sr são cerca de metade dos obtidos no rio Tejo. A actividade em ¹³⁷Cs variou entre $0,50\times 10^{-3}$ Bq L⁻¹ (limite de detecção) e $(0,69\pm 0,46)\times 10^{-3}$ Bq L⁻¹. Para o ⁹⁰Sr obteve-se um valor médio de $(2,49\pm 0,35)\times 10^{-3}$ Bq L⁻¹. A actividade em ³H variou entre 0,8 Bq L⁻¹ (limite de detecção) e $3,7\pm 1,2$ Bq L⁻¹ com um valor médio de $1,8\pm 1,1$ Bq L⁻¹. Os valores de actividade em ³H, no rio Zêzere, são inferiores aos medidos no rio Tejo, sendo essa diferença mais significativa em V. Velha de Ródão. A medida beta total apresenta um valor médio de $(61\pm 9)\times 10^{-3}$ Bq L⁻¹ para a matéria em suspensão e de $(36\pm 9)\times 10^{-3}$ Bq L⁻¹ para a matéria dissolvida (Tabela 8). Tal como nos casos anteriores, estes valores são inferiores aos obtidos para o rio Tejo.

Os valores observados para os radionuclídeos analisados nos rios Tejo e Zêzere são da mesma ordem de grandeza dos obtidos em anos anteriores (M.M. Sequeira *et al.*, 2000; M.M. Sequeira *et al.*, 2002).

As Tabelas 10 a 13 apresentam os valores das concentrações catiónica e aniónica em águas recolhidas nas quatro estações de amostragem no rio Tejo. Em geral, observam-se valores de concentrações mais elevadas para o cálcio, seguido do sódio, magnésio e potássio. Relativamente aos aniões obtiveram-se valores mais elevados para os sulfatos, seguidos dos cloretos, nitratos e fosfatos. Considerando os valores médios anuais e os respectivos desvio padrões, constata-se que a concentração catiónica e aniónica se mantêm constante durante o ano e ao longo do rio. Relativamente ao rio Zêzere (Tabela 14) os resultados obtidos são francamente inferiores, tanto para os catiões como para os aniões. A maior diferença observou-se para o cálcio e o sulfato com valores cerca de 10 vezes inferiores aos obtidos para o rio Tejo.

Os resultados das medidas de radioactividade para os rios Guadiana, Douro e Mondego estão expressos na Tabela 9. Os valores obtidos para a actividade em ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr e ³H são relativamente baixos e semelhantes aos obtidos para o rio Zêzere. Os valores da medida beta total na matéria em suspensão e na matéria dissolvida (Tabela 15) são, tal como nos casos anteriores, bastantes variáveis e da mesma ordem de grandeza dos obtidos para o rio Zêzere. Os resultados das concentrações catiónica e aniónica nos rios Guadiana, Douro

(Tabela 15) são semelhantes aos observados para o rio Tejo. Relativamente ao rio Mondego (Tabela 15) os valores aproximam-se dos obtidos para o rio Zêzere (Tabela 14).

Comparando os valores das concentrações dos radionuclidos analisados nos rios Tejo, Zêzere, Guadiana, Mondego e Douro constata-se que o rio Tejo apresenta valores mais elevados, principalmente em ^3H , o que denota a influência da Central Nuclear de Almaraz.

Sedimentos

Os valores de actividade (Bq kg^{-1}) dos radionuclidos naturais e artificiais, em sedimentos totais ($\leq 1000 \mu\text{m}$), sedimentos de granulometria entre 250 e 63 μm e sedimentos de granulometria $\leq 63 \mu\text{m}$, colhidos no rio Tejo, em V. Velha de Ródão, Barragem de Fratel, Barragem de Belver e Valada, estão representados nas Tabelas 16 a 18, 19 a 21, 22 a 24 e 25 a 27 respectivamente.

Nas Tabelas 28 a 31 estão expressos os valores em percentagem das diferentes fracções granulométricas relativos ao sedimento total para as mesmas estações de amostragem. Do estudo granulométrico dos sedimentos verifica-se, para todas as estações, que os sedimentos recolhidos são predominantemente do tipo areia (Tabela 28 a 31).

Observa-se, em geral, para todas as estações de amostragem, um aumento na actividade dos radionuclidos (naturais e artificiais) para os sedimentos de granulometria mais fina ($\leq 63 \mu\text{m}$), com excepção do ^{40}K cujo comportamento apresenta uma tendência inversa.

As actividades em ^{137}Cs na fracção mais fina ($\leq 63 \mu\text{m}$) apresentam grandes variações com desvios padrão da média anual de cerca de 50%: $6,1 \pm 2,5 \text{ Bq kg}^{-1}$ em V. Velha de Ródão e $5,0 \pm 3,2 \text{ Bq kg}^{-1}$ em Valada. Relativamente à radioactividade natural obtiveram-se valores médios anuais de $205 \pm 64 \text{ Bq kg}^{-1}$ e $238 \pm 72 \text{ Bq kg}^{-1}$ para o ^{228}Ra e de $132 \pm 41 \text{ Bq kg}^{-1}$ e $153 \pm 64 \text{ Bq kg}^{-1}$, para o ^{226}Ra , em V. Velha de Ródão e Valada respectivamente. Para o radionuclido natural ^{40}K , os valores são relativamente constantes, com médias anuais de $691 \pm 160 \text{ Bq kg}^{-1}$ em V. Velha de Ródão e $826 \pm 74 \text{ Bq kg}^{-1}$ em Valada. Os valores de actividade em ^7Be , radionuclido de origem cósmica, apresentam uma grande dispersão, com a maioria dos valores abaixo dos limites de detecção.

Os resultados obtidos para os radionuclidos medidos no rio Tejo durante o ano em apreço são da mesma ordem de grandeza dos observados em anos anteriores (M.M. Sequeira *et al.*, 2000; M.M. Sequeira *et al.*, 2002).

Nas Tabelas 32 a 34 estão representados os valores das actividades dos radionuclidos naturais e artificiais, para os sedimentos totais ($\leq 1000 \mu\text{m}$), os sedimentos de granulometria entre 250 e 63 μm e os sedimentos de granulometria $\leq 63 \mu\text{m}$, colhidos nos rios Guadiana, Douro e Mondego.

A análise granulométrica revelou que os sedimentos recolhidos nestes três rios, tal como verificado para o rio Tejo, são principalmente areias (Tabela 35). Verifica-se uma tendência para um aumento da concentração dos radionuclidos, principalmente do ^{235}U , ^{228}Ra , ^{226}Ra e ^{137}Cs , com a diminuição da granulometria, tal como observado para o rio Tejo. Além disso, e considerando a fracção de sedimento mais fina ($\leq 63 \mu\text{m}$) observaram-se valores ligeiramente mais elevados, para os mesmos radionuclidos, no rio Mondego, seguido do rio Douro, tendo-se obtido os valores mais baixos para o rio Guadiana. No que se refere ao ^{40}K os valores são relativamente constantes. O ^7Be não foi detectado em nenhum dos casos. Constata-se que os valores observados para estes três rios são da mesma ordem de grandeza dos obtidos para o rio Tejo.

Peixes

As Tabelas 36 e 37 apresentam os valores da actividade (Bq kg^{-1} , peso músculo fresco) de radionuclidos naturais e artificiais em peixes capturados no rio Tejo (V. Velha de Ródão) e no rio Douro (Barca d'Alva), os únicos locais de amostragem onde foi possível obter amostra. Pela análise das tabelas constata-se que, com a excepção do ^{40}K , as concentrações em ^{228}Ra , ^{226}Ra e ^{137}Cs são inferiores, ou muito próximas do limite de detecção do equipamento de medida. Estes valores são da mesma ordem de grandeza dos observados em anos anteriores em peixes capturados no rio Tejo (M.M. Sequeira *et al.*, 2000; M.M. Sequeira *et al.*, 2002).

Plantas Aquáticas

Os valores de radioactividade em plantas aquáticas (Bq kg^{-1} , peso fresco) colhidas no rio Tejo, na Barragem de Belver (único local de amostragem onde se colheram plantas aquáticas) estão expressos na Tabela 38. Relativamente aos radionuclidos das famílias naturais do urânio, verifica-se que os valores obtidos são relativamente baixos, variando entre os limites de detecção e valores muito próximos do limite de detecção. Para o ^{137}Cs os valores obtidos são todos inferiores ao limite de detecção ($< 0,1 \text{ Bq kg}^{-1}$). No que se refere ao ^{40}K , os valores variaram entre $(28 \pm 3) \text{ Bq kg}^{-1}$ em Maio e $(119 \pm 5) \text{ Bq kg}^{-1}$ em Agosto.

3.2.2 Mar

Na Tabela 39 estão expressas as actividades de radionuclidos naturais e artificiais (Bq kg^{-1} , peso fresco) medidas em mexilhões e algas, colhidos na Costa Atlântica e nos Estuários do Tejo e Sado. Da análise da tabela constata-se que os valores em $^{239+240}\text{Pu}$ variam entre $(2,1 \pm 0,6) \text{ Bq kg}^{-1}$ e $(5,2 \pm 0,1) \text{ Bq kg}^{-1}$ nos mexilhões colhidos no Estuário do Tejo e no Cabo de S. Vicente respectivamente. Relativamente ao ^{238}Pu , ^{241}Am e ^{137}Cs os valores

medidos são inferiores ao limite de detecção tanto para as algas como para os mexilhões, com exceção do ^{241}Am em mexilhões, colhidos em Matosinhos, que apresenta um valor de $(0,7\pm 0,6)$ Bq kg^{-1} . A actividade em ^{40}K é relativamente constante, variando entre (29 ± 4) Bq kg^{-1} e (39 ± 6) Bq kg^{-1} , com exceção das algas colhidas em Matosinhos, que apresentam um valor mais elevado, (203 ± 16) Bq kg^{-1} .

3.2.3 Águas para Consumo Humano

Os valores de radioactividade (Bq L^{-1}) em águas para consumo humano recolhidas mensalmente em Sacavém e V. Velha de Ródão estão expressos nas Tabelas 40 e 41 respectivamente. Verifica-se que, em Sacavém, os valores de actividade em ^{137}Cs e ^{90}Sr são relativamente constantes com valores médios anuais respectivamente de $(0,63\pm 0,09)\times 10^{-3}$ Bq L^{-1} e $(2,58\pm 0,28)\times 10^{-3}$ Bq L^{-1} . Para o ^3H , os valores obtidos são bastante variáveis, situando-se entre o limite de detecção ($< 0,8$ Bq L^{-1}) e $(6,75\pm 2,04)\times 10^{-3}$ Bq L^{-1} . Os valores da medida beta total variam entre 0,03 Bq L^{-1} (limite de detecção) e $0,159\pm 0,026$ Bq L^{-1} (Abril). Relativamente à medida alfa total, os valores situam-se todos abaixo do limite de detecção do equipamento de medida. Da análise dos resultados obtidos em V. Velha de Ródão (Tabela 41) constata-se que são ligeiramente superiores aos observados em Sacavém, variando para a actividade beta total entre $0,063\pm 0,007$ Bq L^{-1} (Agosto) e $0,156\pm 0,009$ Bq L^{-1} (Abril) e para a medida alfa total entre $0,040\pm 0,017$ Bq L^{-1} (Maio) e $0,104\pm 0,018$ Bq L^{-1} (Março). A Tabela 42 apresenta os valores de radioactividade (Bq L^{-1}) em águas para consumo humano recolhidas mensalmente em vários locais do país. Da análise da tabela constata-se que a maioria dos valores de medida alfa total estão abaixo do limite de detecção. No que se refere à medida beta total, os valores variam de uma ordem de grandeza, desde o limite de detecção ($0,020$ Bq L^{-1}) até $0,593\pm 0,025$ Bq L^{-1} , valor medido no mês de Abril em Oia.

Deve salientar-se que as concentrações obtidas para a medida alfa total, beta total e ^3H em todas as águas analisadas são inferiores às recomendadas para estes parâmetros radioactivos no Decreto-Lei 243/2001 de 5 de Setembro (alfa total: 0,1 Bq L^{-1} ; beta total: 1 Bq L^{-1} ; ^3H : 50 Bq L^{-1}).

Os valores das concentrações dos radionuclidos das famílias naturais do urânio (^{235}U e ^{238}U) e do tório (^{232}Th), analisados por espectrometria alfa, em águas para consumo humano provenientes de regiões uraníferas estão expressos na Tabela 43. Da análise da tabela constata-se que os valores são bastante variáveis podendo atingir cerca três ordens de grandeza para alguns radionuclidos. Por exemplo, para o ^{238}U os valores variam entre $0,36\pm 0,02$ mBq L^{-1} (Sobral da Serra) e $230,8\pm 9,6$ mBq L^{-1} (Azenha); e para o ^{226}Ra entre $0,64\pm 0,09$ mBq L^{-1} (Sabugal) e $107,2\pm 5,4$ mBq L^{-1} (Azenha). Os valores mais elevados foram

obtidos para as águas provenientes de Azenha e Outeiro de Espinho. Por exemplo, os valores observados para a água de Azenha foram: $^{238}\text{U} = 230,8 \pm 9,6 \text{ mBq L}^{-1}$; $^{235}\text{U} = 9,2 \pm 0,5 \text{ mBq L}^{-1}$; $^{234}\text{U} = 282,2 \pm 11,8 \text{ mBq L}^{-1}$; $^{226}\text{Ra} = 107,2 \pm 5,4 \text{ mBq L}^{-1}$ e $^{210}\text{Po} = 88,1 \pm 5,4 \text{ mBq L}^{-1}$. Os valores mais baixos foram obtidos para a água proveniente de Ázere ($^{238}\text{U} = 0,41 \pm 0,03 \text{ mBq L}^{-1}$; $^{235}\text{U} = 0,014 \pm 0,006 \text{ mBq L}^{-1}$; $^{234}\text{U} = 0,59 \pm 0,04 \text{ mBq L}^{-1}$; $^{226}\text{Ra} = 3,0 \pm 0,4 \text{ mBq L}^{-1}$ e $^{210}\text{Po} = 3,5 \pm 0,1 \text{ mBq L}^{-1}$).

3.3 Controlo Radiológico do Meio Terrestre

3.3.1 Dieta Mista

A Tabela 44 apresenta as medidas de radioactividade (Bq kg^{-1}) obtidas por espectrometria gama em produtos da cadeia alimentar recolhidos mensalmente, em vários locais de Portugal Continental e nos Açores. Relativamente ao ^{137}Cs (radionuclido de origem artificial) verifica-se que os valores de actividade são relativamente baixos, sendo na maioria dos casos inferiores ao limite de detecção do equipamento de medida (0,1, 0,2 ou 0,3 Bq kg^{-1} dependendo do detector usado). O ^{40}K (radionuclido omnipresente de origem natural) apresenta concentrações mais elevadas que variam de cerca de duas ordens de grandeza. Obtiveram-se valores desde 1,3 Bq kg^{-1} (limite de detecção do equipamento) em carne de bovino proveniente da Direcção Regional de Agricultura do Algarve (mês de Setembro) até 165,1 $\pm 12,1 \text{ Bq kg}^{-1}$ em batata proveniente da Direcção Regional de Agricultura da Beira Interior (mês de Novembro). A actividade em ^7Be é na maioria dos casos inferior ao limite de detecção (variando entre 0,8 e 3,7 Bq kg^{-1} , dependendo de detector usado) com excepção de algumas amostras de vegetais (couve e alface). Por exemplo, o valor máximo medido foi de 9,9 $\pm 0,7 \text{ Bq kg}^{-1}$ em couve proveniente da Direcção Regional de Agricultura de Entre Douro e Minho (mês Fevereiro). O facto de só se ter observado traços de ^7Be em vegetais é devido a este radionuclido ser de origem cósmica e ao ser transportado pela água da chuva se depositar na biosfera e, principalmente nos produtos da cadeia alimentar mais sujeitos a essa deposição.

Estes resultados são semelhantes aos obtidos em anos anteriores em produtos da cadeia alimentar (M.C. Faísca, *et al.* 1999; M.M. Sequeira, *et al.*, 2002).

Pela análise da tabela pode constatar-se não haver diferenças significativas na actividade em ^{137}Cs , ^{40}K e ^7Be nos produtos da cadeia alimentar, adquiridos ou nos supermercados da região de Lisboa, ou directamente ao produtor, através das Direcções Regionais da Agricultura.

A Tabela 45 apresenta os valores da concentração (Bq kg^{-1}) em ^{137}Cs , ^{40}K e ^7Be em produtos importados, durante o 1º trimestre de 2002. Os valores obtidos para o ^{137}Cs são

inferiores ao limite de detecção (0,1 ou 0,2 Bq kg⁻¹ dependendo do detector usado), excepto para carne de bovino proveniente do Uruguai que apresenta um valor de 0,4±0,1 Bq kg⁻¹. Para o ⁴⁰K os valores variam entre 1,9 Bq kg⁻¹ (limite de detecção) e 111,0±8,5 Bq kg⁻¹ (carne de bovino do Uruguai). Relativamente ao ⁷Be os valores situam-se abaixo do limite de detecção.

3.3.2 Refeições Completas

Na Tabela 46 estão expressas as actividades (Bq kg⁻¹) em ¹³⁷Cs, ⁴⁰K e ⁷Be em refeições completas, adquiridas trimestralmente no refeitório do ITN. Tal como, nos produtos alimentares analisados individualmente as concentrações em ¹³⁷Cs e ⁷Be situam-se abaixo dos limite de detecção. Relativamente ao ⁴⁰K, os valores são mais elevados e relativamente constantes encontrando-se na gama dos observados nos produtos alimentares individualizados.

3.3.3 Leite

A Tabela 47 apresenta os valores obtidos por espectrometria gama (¹³⁷Cs e ⁴⁰K) e medida beta (⁹⁰Sr) em leite proveniente de diferentes regiões de Portugal Continental e dos Açores. Verifica-se que o ⁴⁰K é o radionuclido que apresenta concentrações mais elevadas, com um valor médio anual de 53±5 Bq L⁻¹. Relativamente ao ¹³⁷Cs os valores situam-se abaixo do limite de detecção ((0,1 ou 0,2 Bq L⁻¹) excepto o leite proveniente dos Açores, no mês de Dezembro, que apresenta uma actividade de 0,18±0,04 Bq L⁻¹. No que se refere ao ⁹⁰Sr, radionuclido de origem artificial, observam-se vestígios deste radionuclido, por vezes quantificáveis, mas sempre com actividades muito baixas. Os valores obtidos variam entre o limite de detecção (0,068 Bq L⁻¹) e 0,129±0,026 Bq L⁻¹, com um valor médio anual de 0,074±0,016 Bq L⁻¹. Estes resultados são ligeiramente superiores aos obtidos em anos anteriores (M. M. Sequeira, *et al*, 2002) devido ao aumento do limite de detecção do equipamento de medida.

Os valores das medidas de radioactividade em leite proveniente da região de V. Velha de Ródão estão expressos na Tabela 48. Verifica-se que os valores em ¹³⁷Cs e ⁴⁰K são semelhantes aos obtidos para os leites provenientes de outras regiões do país. Relativamente ao ⁹⁰Sr os valores obtidos são mais elevados, sendo esse aumento mais significativo no leite de ovelha. Pode constatar-se a mesma situação em leites provenientes de regiões uraníferas (Tabela 49). Estes resultados devem estar mais relacionados com a composição do leite do que com a possível contaminação das pastagens, uma vez que são animais da mesma região.

3.3.4 Solos

A Tabela 50 apresenta as medidas de radioactividade, por espectrometria gama, em solos colhidos em várias regiões do país (Trás-os-Montes, Beira Alta, Ribatejo e Alentejo).

Deverá notar-se que as concentrações dos radionuclidos das famílias radioactivas naturais são mais elevadas na região da Beira Baixa, o que está relacionado com a composição mineralógica do solo da região, geralmente de origem granítica. As concentrações em ^{137}Cs , único radionuclido de origem artificial detectado, são mais elevadas nos solos do que nos produtos da cadeia alimentar variando entre o limite de detecção ($0,9 \text{ Bq kg}^{-1}$) e $7,5 \pm 0,4 \text{ Bq kg}^{-1}$. Este radionuclido está presente no nosso planeta em consequência da contaminação radioactiva causada principalmente pelos testes nucleares na atmosfera, na década de 60.

4. AVALIAÇÃO DA DOSE PARA A POPULAÇÃO

Com base nas recomendações da Comissão Internacional de Protecção Radiológica (ICRP, 1996), aplicadas a membros do público cujo modo de vida, hábitos alimentares e metabolismo correspondem a uma população média, estimou-se as doses recebidas pela população Portuguesa, devidas à inalação e ingestão dos radionuclidos determinados nos diversos compartimentos ambientais.

Para a estimativa da dose média por inalação recebida por membros do público, utilizaram-se as actividades médias anuais em ^7Be ($2,9 \pm 0,7 \text{ Bq m}^{-3}$), ^{137}Cs (limite de detecção = $0,001 \text{ mBq m}^{-3}$) e ^{210}Pb ($0,34 \pm 0,17 \text{ Bq m}^{-3}$) e os factores de dose de $5,0 \times 10^{-11} \text{ Sv Bq}^{-1}$ para o ^7Be , de $4,6 \times 10^{-9} \text{ Sv Bq}^{-1}$ para o ^{137}Cs e de $1,1 \times 10^{-6} \text{ Sv Bq}^{-1}$ para o ^{210}Pb (Basic Safety Standards, 1996; ICRP, 1996) todos aplicáveis a um adulto médio para a categoria de membro do público. Considerou-se ainda, uma taxa de respiração média de $2,54 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. O valor de dose estimado devido à inalação dos três radionuclidos é de $3 \mu\text{Sv a}^{-1}$.

Com base nas médias anuais das actividades em ^{90}Sr , ^{137}Cs e ^3H nas águas de consumo analisadas, considerando um consumo anual de 600 litros (Environmental Radioactivity in the European Community, 1995) e factores de dose de $2,8 \times 10^{-8}$, $1,3 \times 10^{-8}$ e $1,8 \times 10^{-11} \text{ Sv Bq}^{-1}$ (Basic Safety Standards, 1996; ICRP, 1996), obteve-se o valor de $0,072 \mu\text{Sv a}^{-1}$ para a dose estimada devida à ingestão de água de consumo.

Procedeu-se, de igual modo, ao cálculo da dose devida à ingestão de leite, com base na taxa anual de consumo “per capita” (Environmental Radioactivity in the European Community, 1995) e nas actividades médias anuais em ^{90}Sr e ^{137}Cs . Obteve-se o valor de $0,93 \mu\text{Sv a}^{-1}$ para a dose devida à ingestão de leite.

Relativamente à contribuição para a dose devida à dieta mista, apesar de se terem analisado os componentes individualmente, considerou-se a radioactividade determinada em refeições completas, por ser mais representativa do nível médio da radioactividade nos diferentes componentes. Com base na actividade média em ^{137}Cs medida nas refeições completas e considerando duas refeições por dia, obteve-se o valor de $1,9 \mu\text{Sv a}^{-1}$.

Assim, a dose estimada para a população Portuguesa devida à ingestão dos radionuclidos detectáveis, através do consumo de água, leite e produtos alimentares para o ano de 2002 é de $2,9 \mu\text{Sv a}^{-1}$.

5. CONCLUSÕES

Do vasto conjunto de resultados obtidos nos diferentes compartimentos ambientais (ar, água da chuva, águas de superfície, águas para consumo humano, produtos alimentares, leite, sedimentos e solos) é possível concluir que os teores de radioactividade determinados são, tal como em anos anteriores, normais. As concentrações dos radionuclidos de origem natural, designadamente das famílias do urânio, do tório, e o ^{40}K , apresentam valores típicos do fundo radioactivo, isto é, não alterado pela acção humana. As concentrações dos radionuclidos de origem artificial, designadamente ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^3H , $^{239+240}\text{Pu}$ e ^{241}Am , são muito baixas e, frequentemente, abaixo dos limites de detecção. Com base no conjunto destes resultados podemos concluir que o território nacional não apresentou em 2002, sinais de contaminação radioactiva significativa. Em comparação com observações feitas em anos precedentes, não se registou aumento da radioactividade ambiente e a população Portuguesa residente não esteve sujeita a um risco de contaminação radioactiva e exposição a radiações ionizantes significativamente mais elevado que o fundo radioactivo natural.

A dose recebida pela população Portuguesa devida à ingestão e inalação de radionuclidos artificiais e naturais apresenta valores muito baixos (da ordem dos $\mu\text{Sv a}^{-1}$) não podendo ser considerada uma exposição radiológica significativa. Sob o ponto de vista da protecção radiológica os valores observados situam-se muito abaixo dos limites de dose recomendados para elementos do público (Directiva 96/29 EURATOM do Conselho).

AGRADECIMENTOS

Agradece-se às Direcções Regionais de Agricultura do Continente e Açores o apoio prestado na aquisição e envio das amostras.

Agradece-se ao Dr. Pedro Duarte o auxílio prestado na elaboração dos mapas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Basic Safety Standards (96/29 EURATOM, Tables A and B), 1996

Bojanowski, R., Radecki, Z., Campbell, M.J., Burns, K.I., Trinkl, A. (2001), Report on the Intercomparison Run for the Determination of Radionuclides in Soils, IAEA-326 and IAEA-327, IAEA/AL/100.

Commission Recommendation of 8 June 2000, Official Journal of the European Commission, L 191/37- L191/46, 2000.

Environmental Radioactivity in the European Community, Radiation Protection N° 126, EUR 19929 EN, 1995.

IAEA (2002), Summary Report of the Proficiency Test for the Determination of Anthropogenic γ - emitting Radionuclides in a Mineral Matrix.

ICRP (1996), Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 5- Compilation of Ingestion and Inhalation Dose Coefficients, Publication N° 72, Vol 26, n°1.

IRC Note n°50 (2002), Report of the IRC-CEC Intercomparison Concerning the Measurement of the Gross Alpha, Gross Beta, Tritium Activities and Potassium Concentration in a Drinking Water Sample, Sample n° 69 SH 300. WHO/IRC and IRSN.

ISO 5667-5. Water Quality-Sampling, Part 5- Guidance on Sampling of Drinking Water Used for Food and Beverage Processing, Setembro 1996.

M.C. Faisca, M. M. Sequeira, G. Ferrador, F. Cardoso, Vigilância Radiológica a Nível Nacional (1997-1998). Relatório DPRSN-SRA n°21/99.

M. M. Sequeira, C. Pires, A. Brogueira, M.M. V. Carreiro, Radioactividade nos rios Tejo e Zêzere, em 1999. Relatório DPRSN, Série A, n°1, 2000.

M. M. Sequeira, M.C. Faisca, G. Ferrador, M. Reis, S. Curado, C. Pires, V. Silvino, M.A. Pereira, M. A. Tavares, M.A. Gameiro, M. J. Madruga, Vigilância Radiológica a Nível Nacional (1999-2001). Relatório DPRSN, Série A, n°18/2002.

M. M. Sequeira, V. Silvino, M. A. Pereira, C. Pires, A. Brogueira, I. Faria, S. Curado, Radioactividade nos rios Tejo e Zêzere, nos anos de 2000 e 2001. Relatório DPRSN, Série A, n°19/2002.

Norma Portuguesa- NP 4330, Qualidade da Água, Medida da Actividade Beta total em Águas não Salinas, Método por Fonte Concentrada, Setembro 1996.

Norma Portuguesa- NP 4332, Qualidade da Água, Medida da Actividade Alfa total em Águas não Salinas, Método por Fonte Concentrada, Setembro 1996.

Norma Portuguesa- NP 4362, Determinação da Concentração da Actividade em Trítio, Método de Contagem por Cintilação Líquida, Setembro 1997.

TABELAS

Tabela 1- Medidas de radioatividade (médias mensais, $\text{mBq m}^{-3} \pm 2\sigma$) em aerossóis recolhidos em Sacavém (ITN)

Data de colheita	^7Be (mBq m^{-3})	^{137}Cs (mBq m^{-3})	^{210}Pb (mBq m^{-3})	PTS ($\mu\text{g m}^{-3}$)
Janeiro	2,6±0,1	< 0,001	0,56±0,04	50
Fevereiro	3,0±0,1	< 0,001	0,42±0,02	48
Março	3,3±0,1	< 0,001	0,30±0,02	40
Abril	3,5±0,1	< 0,001	0,31±0,03	43
Mai	3,2±0,1	< 0,001	0,24±0,02	42
Junho	2,8±0,1	< 0,001	0,22±0,03	50
Julho	2,1±0,1	< 0,001	0,17±0,03	62
Agosto	2,2±0,1	< 0,001	0,25±0,03	52
Setembro	2,6±0,1	< 0,001	0,30±0,04	38
Outubro	2,9±0,1	< 0,001	0,46±0,05	41
Novembro	4,1±0,2	< 0,001	0,44±0,04	24
Dezembro	2,4±0,1	< 0,001	0,14±0,04	42
<i>Média± erro</i>	2,9±0,7	-	0,34±0,17	44±9

Tabela 2- Deposição atmosférica (Bq m⁻²) em Castelo Branco (estação meteorológica)

Data	Precipitação (mm)	³ H	⁷ Be	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	Beta Total	
						Matéria em suspensão	Mat.éria dissolvida
Janeiro	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)
Fevereiro	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)
Março	114	< 91	185±17	0,30±0,16	0,08±0,04	9,2±1,1	51±2
Abril	90	156±72	98±10	0,26±0,15	0,05±0,03	5,1±1,0	5,4±1,0
Mai	17	18±14	3,9±1,7	0,04±0,02	0,01±0,00	0,58±0,18	1,4±0,18
Junho	9	41±10	< 1,8	(b)	(b)	0,24±0,07	0,33±0,07
Julho	2	(b)	(b)	(b)	(b)	(b)	(b)
Agosto	0,5	(b)	(b)	(b)	(b)	(b)	(b)
Setembro	3	11±3,2	(b)	(b)	(b)	0,26±0,03	0,26±0,03
Outubro	151	257±119	48±3	0,41±0,21	0,11±0,07	7,2±1,1	< 1,7
Novembro	66	< 53	52±3	0,18±0,10	0,05±0,03	5,2±0,58	1,5±0,44
Dezembro	153	< 122	148±15	0,40±0,29	0,11±0,06	10±1	7,5±1,2

(a) Não se efectuou a recolha de amostra, porque o programa de colheita só foi estabelecido posteriormente.

(b)- Não se recolheu amostra suficiente para análise.

Tabela 3- Deposição atmosférica (Bq m⁻²) em Sacavém (ITN)

Data	Precipitação (mm)	³ H	⁷ Be	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	Beta Total	
						Matéria em suspensão	Matéria dissolvida
Janeiro	77	141±62	18±6	1,6±0,2	0,10±0,03	6,0±0,9	< 0,8
Fevereiro	16	< 13	6,6±1,3	0,06±0,05	0,06±0,01	1,2±0,3	0,29±0,18
Março	107	190±86	81±12	0,35±0,21	0,08±0,04	8,8±1,2	< 1,2
Abril	43	79±34	6,4±1,3	0,09±0,05	0,02±0,01	2,9±0,4	< 0,47
Maió	17	(b)	(b)	(b)	(b)	(b)	(b)
Junho	7	7,2±5,9	(b)	(b)	(b)	0,65±0,06	3,1±0,1
Julho	1	(b)	(b)	(b)	(b)	(b)	(b)
Agosto	0,2	(b)	(b)	(b)	(b)	(b)	(b)
Setembro	81	413±126	76±5	0,18±0,12	0,05±0,03	4,3±0,7	9,4±0,8
Outubro	105	223±94	17±2	0,40±0,22	0,08±0,04	9,7±1,0	< 1,2
Novembro	193	< 154	87±12	0,71±0,32	0,15±0,06	17±2	2,2±1,2
Dezembro	162	< 130	199±11	0,45±0,19	0,12±0,06	7,6±1,3	7,9±1,2

(b)- não se recolheu amostra suficiente para análise

Tabela 4- Medidas de radioatividade ($\text{Bq L}^{-1} \pm 2\sigma$) em água de superfície colhida no rio Tejo em V. Velha de Ródão

Data de colheita	Matéria em suspensão > 0,45 μm	Matéria dissolvida $\leq 0,45\mu\text{m}$			
		Beta total	^{137}Cs	^{90}Sr	^3H
Janeiro	$(168 \pm 12) \times 10^{-3}$	$(0,73 \pm 0,42) \times 10^{-3}$	$(6,11 \pm 2,10) \times 10^{-3}$	$16,8 \pm 0,1$	$(253 \pm 21) \times 10^{-3}$
Fevereiro	$(73 \pm 10) \times 10^{-3}$	$(0,81 \pm 0,43) \times 10^{-3}$	$(5,96 \pm 2,24) \times 10^{-3}$	$10,3 \pm 0,9$	$(239 \pm 22) \times 10^{-3}$
Março	$(81 \pm 12) \times 10^{-3}$	$(0,76 \pm 0,29) \times 10^{-3}$	$(4,21 \pm 1,43) \times 10^{-3}$	$2,1 \pm 0,9$	$(343 \pm 29) \times 10^{-3}$
Abril	$(86 \pm 11) \times 10^{-3}$	$(0,91 \pm 0,30) \times 10^{-3}$	$(5,08 \pm 1,29) \times 10^{-3}$	$7,4 \pm 1,4$	$(229 \pm 21) \times 10^{-3}$
Maiο	$(70 \pm 9) \times 10^{-3}$	$(1,08 \pm 0,35) \times 10^{-3}$	$(4,32 \pm 1,36) \times 10^{-3}$	$7,3 \pm 1,3$	$(308 \pm 20) \times 10^{-3}$
Junho	$(63 \pm 8) \times 10^{-3}$	$(1,07 \pm 0,35) \times 10^{-3}$	$(5,08 \pm 1,72) \times 10^{-3}$	$13,2 \pm 1,3$	$(240 \pm 18) \times 10^{-3}$
Julho	$(68 \pm 8) \times 10^{-3}$	$(1,12 \pm 0,38) \times 10^{-3}$	$(3,54 \pm 1,76) \times 10^{-3}$	$11,0 \pm 1,2$	$(103 \pm 12) \times 10^{-3}$
Agosto	$(58 \pm 8) \times 10^{-3}$	$(0,97 \pm 0,35) \times 10^{-3}$	$(3,88 \pm 1,86) \times 10^{-3}$	$15,6 \pm 0,2$	$(274 \pm 23) \times 10^{-3}$
Setembro	$(55 \pm 8) \times 10^{-3}$	$(1,24 \pm 0,46) \times 10^{-3}$	$(4,40 \pm 1,24) \times 10^{-3}$	$9,2 \pm 1,2$	$(260 \pm 19) \times 10^{-3}$
Outubro	$(68 \pm 9) \times 10^{-3}$	$(1,09 \pm 0,34) \times 10^{-3}$	$(4,57 \pm 1,51) \times 10^{-3}$	$16,7 \pm 0,1$	$(241 \pm 18) \times 10^{-3}$
Novembro	$(71 \pm 8) \times 10^{-3}$	$(1,34 \pm 0,47) \times 10^{-3}$	$(4,81 \pm 1,70) \times 10^{-3}$	$15,4 \pm 0,2$	$(159 \pm 15) \times 10^{-3}$
Dezembro	$(65 \pm 8) \times 10^{-3}$	$(1,07 \pm 0,33) \times 10^{-3}$	$(5,16 \pm 1,78) \times 10^{-3}$	$9,9 \pm 1,0$	$(140 \pm 13) \times 10^{-3}$
<i>Média \pm erro</i>	$(77 \pm 30) \times 10^{-3}$	$(1,02 \pm 0,19) \times 10^{-3}$	$(4,76 \pm 0,77) \times 10^{-3}$	$11,2 \pm 4,5$	$(232 \pm 69) \times 10^{-3}$

Tabela 5- Medidas de radioactividade ($\text{Bq L}^{-1} \pm 2\sigma$) em água de superfície colhida no rio Tejo, na Barragem de Fratel

Data de colheita	Matéria em suspensão > 0,45 μm	Matéria dissolvida $\leq 0,45\mu\text{m}$			
		Beta total	^{137}Cs	^{90}Sr	^3H
Janeiro	$(70 \pm 13) \times 10^{-3}$	$(0,64 \pm 0,33) \times 10^{-3}$	$(5,98 \pm 3,28) \times 10^{-3}$	16,8 \pm 0,1	$(181 \pm 17) \times 10^{-3}$
Fevereiro	$(63 \pm 13) \times 10^{-3}$	$(1,38 \pm 0,41) \times 10^{-3}$	$(5,08 \pm 1,94) \times 10^{-3}$	14,3 \pm 0,2	$(195 \pm 20) \times 10^{-3}$
Maio	$(96 \pm 10) \times 10^{-3}$	$(1,06 \pm 0,32) \times 10^{-3}$	$(4,34 \pm 1,05) \times 10^{-3}$	6,4 \pm 1,3	$(118 \pm 12) \times 10^{-3}$
Agosto	$(81 \pm 9) \times 10^{-3}$	$(0,97 \pm 0,34) \times 10^{-3}$	$(3,96 \pm 1,61) \times 10^{-3}$	11,3 \pm 1,0	$(259 \pm 19) \times 10^{-3}$
Novembro	$(46 \pm 8) \times 10^{-3}$	$(1,03 \pm 0,40) \times 10^{-3}$	$(4,70 \pm 1,78) \times 10^{-3}$	10,2 \pm 1,0	$(204 \pm 18) \times 10^{-3}$

Tabela 6- Medidas de radioactividade ($\text{Bq L}^{-1} \pm 2\sigma$) em água de superfície colhida no rio Tejo, na Barragem de Belver

Data de colheita	Matéria em suspensão > 0,45 μm	Matéria dissolvida $\leq 0,45\mu\text{m}$			
		Beta total	^{137}Cs	^{90}Sr	^3H
Fevereiro	$(74 \pm 16) \times 10^{-3}$	$(0,89 \pm 0,31) \times 10^{-3}$	$(4,81 \pm 2,04) \times 10^{-3}$	9,4 \pm 1,2	$(192 \pm 19) \times 10^{-3}$
Maio	$(85 \pm 15) \times 10^{-3}$	$(1,49 \pm 0,45) \times 10^{-3}$	$(4,86 \pm 1,98) \times 10^{-3}$	7,0 \pm 1,2	$(190 \pm 19) \times 10^{-3}$
Agosto	$(95 \pm 10) \times 10^{-3}$	$(1,08 \pm 0,36) \times 10^{-3}$	$(4,25 \pm 1,16) \times 10^{-3}$	9,4 \pm 1,3	$(118 \pm 12) \times 10^{-3}$
Novembro	$(71 \pm 9) \times 10^{-3}$	$(1,01 \pm 0,38) \times 10^{-3}$	$(4,99 \pm 1,82) \times 10^{-3}$	8,3 \pm 1,1	$(115 \pm 12) \times 10^{-3}$

Tabela 7- Medidas de radioatividade ($\text{Bq L}^{-1} \pm 2\sigma$) em água de superfície colhida no rio Tejo em Valada

Data de colheita	Matéria em suspensão > 0,45 μm	Matéria dissolvida $\leq 0,45\mu\text{m}$			
		Beta total	^{137}Cs	^{90}Sr	^3H
Janeiro	$(83 \pm 12) \times 10^{-3}$	$(0,63 \pm 0,30) \times 10^{-3}$	$(5,06 \pm 1,97) \times 10^{-3}$	$4,2 \pm 1,4$	$(248 \pm 20) \times 10^{-3}$
Fevereiro	$(75 \pm 11) \times 10^{-3}$	$(1,10 \pm 0,40) \times 10^{-3}$	$(5,18 \pm 1,75) \times 10^{-3}$	$6,9 \pm 0,7$	$(170 \pm 20) \times 10^{-3}$
Março	$(168 \pm 14) \times 10^{-3}$	$(1,42 \pm 0,41) \times 10^{-3}$	$(5,07 \pm 1,91) \times 10^{-3}$	$4,8 \pm 1,0$	$(193 \pm 19) \times 10^{-3}$
Abril	$(64 \pm 11) \times 10^{-3}$	$(1,52 \pm 0,46) \times 10^{-3}$	$(5,66 \pm 2,29) \times 10^{-3}$	$5,1 \pm 0,7$	$(125 \pm 15) \times 10^{-3}$
Maiο	$(104 \pm 11) \times 10^{-3}$	$(1,16 \pm 0,43) \times 10^{-3}$	$(3,89 \pm 1,23) \times 10^{-3}$	$5,9 \pm 0,7$	$(181 \pm 24) \times 10^{-3}$
Junho	$(69 \pm 8) \times 10^{-3}$	$(0,96 \pm 0,44) \times 10^{-3}$	$(3,27 \pm 1,03) \times 10^{-3}$	$9,5 \pm 1,3$	$(164 \pm 14) \times 10^{-3}$
Julho	$(76 \pm 9) \times 10^{-3}$	$(1,07 \pm 0,38) \times 10^{-3}$	$(4,33 \pm 1,75) \times 10^{-3}$	$5,8 \pm 0,7$	$(162 \pm 15) \times 10^{-3}$
Agosto	$(58 \pm 8) \times 10^{-3}$	$(1,19 \pm 0,46) \times 10^{-3}$	$(3,22 \pm 1,09) \times 10^{-3}$	$4,8 \pm 1,0$	$(73 \pm 10) \times 10^{-3}$
Setembro	$(47 \pm 8) \times 10^{-3}$	$(0,73 \pm 0,34) \times 10^{-3}$	$(4,11 \pm 1,76) \times 10^{-3}$	$7,6 \pm 1,8$	$(99 \pm 11) \times 10^{-3}$
Outubro	$(58 \pm 10) \times 10^{-3}$	$(1,07 \pm 0,38) \times 10^{-3}$	$(5,82 \pm 1,71) \times 10^{-3}$	$8,5 \pm 1,0$	$(100 \pm 12) \times 10^{-3}$
Novembro	$(61 \pm 9) \times 10^{-3}$	$(1,09 \pm 0,34) \times 10^{-3}$	$(4,81 \pm 1,81) \times 10^{-3}$	$5,5 \pm 0,7$	$(110 \pm 12) \times 10^{-3}$
Dezembro	$(66 \pm 8) \times 10^{-3}$	$(1,00 \pm 0,37) \times 10^{-3}$	$(4,01 \pm 1,31) \times 10^{-3}$	$6,5 \pm 0,7$	$(113 \pm 12) \times 10^{-3}$
<i>Média \pm erro</i>	$(77 \pm 32) \times 10^{-3}$	$(1,08 \pm 0,25) \times 10^{-3}$	$(4,54 \pm 0,86) \times 10^{-3}$	$6,3 \pm 1,6$	$(145 \pm 50) \times 10^{-3}$

Tabela 8- Medidas de radioatividade ($\text{Bq L}^{-1} \pm 2\sigma$) em água de superfície colhida no rio Zêzere, na Barragem de Castelo de Bode

Data de colheita	Matéria em suspensão > 0,45 μm	Matéria dissolvida $\leq 0,45\mu\text{m}$			
		Beta total	^{137}Cs	^{90}Sr	^3H
Janeiro	$(49\pm 8)\times 10^{-3}$	$(< 0,5)\times 10^{-3}$	$(2,62\pm 1,87)\times 10^{-3}$	$2,5\pm 0,9$	$(26\pm 8)\times 10^{-3}$
Fevereiro	$(61\pm 8)\times 10^{-3}$	$(< 0,5)\times 10^{-3}$	$(2,94\pm 1,78)\times 10^{-3}$	$1,4\pm 0,6$	$(49\pm 9)\times 10^{-3}$
Março	$(45\pm 8)\times 10^{-3}$	$(< 0,5)\times 10^{-3}$	$(2,93\pm 1,71)\times 10^{-3}$	$< 0,8$	$(24\pm 7)\times 10^{-3}$
Abril	$(66\pm 8)\times 10^{-3}$	$(0,53\pm 0,30)\times 10^{-3}$	$(2,05\pm 1,99)\times 10^{-3}$	$1,9\pm 0,5$	$(40\pm 8)\times 10^{-3}$
Maiο	$(73\pm 9)\times 10^{-3}$	$(0,57\pm 0,39)\times 10^{-3}$	$(2,90\pm 2,11)\times 10^{-3}$	$< 0,8$	$(40\pm 8)\times 10^{-3}$
Junho	$(75\pm 8)\times 10^{-3}$	$(0,69\pm 0,46)\times 10^{-3}$	$(2,33\pm 1,76)\times 10^{-3}$	$1,4\pm 1,0$	$(43\pm 8)\times 10^{-3}$
Julho	$(62\pm 8)\times 10^{-3}$	$(0,68\pm 0,42)\times 10^{-3}$	$(2,40\pm 1,80)\times 10^{-3}$	$2,5\pm 0,9$	$(43\pm 9)\times 10^{-3}$
Agosto	$(51\pm 8)\times 10^{-3}$	$(0,65\pm 0,33)\times 10^{-3}$	$(2,02\pm 1,85)\times 10^{-3}$	$3,6\pm 1,1$	$(26\pm 8)\times 10^{-3}$
Setembro	$(67\pm 8)\times 10^{-3}$	$(0,63\pm 0,37)\times 10^{-3}$	$(2,84\pm 1,57)\times 10^{-3}$	$3,7\pm 1,2$	$(44\pm 8)\times 10^{-3}$
Outubro	$(66\pm 8)\times 10^{-3}$	$(< 0,5)\times 10^{-3}$	$(2,51\pm 1,51)\times 10^{-3}$	$1,6\pm 0,6$	$(23\pm 8)\times 10^{-3}$
Novembro	$(59\pm 9)\times 10^{-3}$	$(< 0,5)\times 10^{-3}$	$(2,11\pm 1,70)\times 10^{-3}$	$< 0,8$	$(44\pm 8)\times 10^{-3}$
Dezembro	$(57\pm 8)\times 10^{-3}$	$(0,61\pm 0,43)\times 10^{-3}$	$(2,28\pm 1,66)\times 10^{-3}$	$< 0,8$	$(35\pm 8)\times 10^{-3}$
<i>Média \pm erro</i>	$(61\pm 9)\times 10^{-3}$	$(0,57\pm 0,08)\times 10^{-3}$	$(2,49\pm 0,35)\times 10^{-3}$	$1,8\pm 1,1$	$(36\pm 9)\times 10^{-3}$

Tabela 9- Medidas de radioactividade ($\text{Bq L}^{-1} \pm 2\sigma$) em água de superfície colhida na rio Guadiana (Barragem de Alqueva), no rio Douro (Barca d'Alva) e no rio Mondego (Barragem da Aguieira)

Local de Amostragem	Matéria em suspensão > 0,45µm	Matéria dissolvida ≤ 0,45µm			
		Beta total	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	³ H
Guadiana (Barragem de Alqueva)	$(80 \pm 10) \times 10^{-3}$	$(0,55 \pm 0,34) \times 10^{-3}$	$(2,88 \pm 1,16) \times 10^{-3}$	$4,3 \pm 1,2$	$(183 \pm 18) \times 10^{-3}$
Douro (Barca d'Alva)	$(62 \pm 8) \times 10^{-3}$	$(0,65 \pm 0,36) \times 10^{-3}$	$(3,21 \pm 1,63) \times 10^{-3}$	$2,7 \pm 1,1$	$(135 \pm 12) \times 10^{-3}$
Mondego (Barragem da Aguieira)	$(62 \pm 8) \times 10^{-3}$	$(0,96 \pm 0,42) \times 10^{-3}$	$(3,46 \pm 1,78) \times 10^{-3}$	$5,3 \pm 1,2$	$(51 \pm 9) \times 10^{-3}$

Tabela 10- Valores da concentração (mg L⁻¹) de parâmetros não radioactivos determinados em água de superfície colhida no rio Tejo em V. Velha de Ródão

Data de colheita	Matéria em suspensão	Matéria dissolvida	Catiões				Aniões			Sulfato
			Sódio	Potássio	Magnésio	Cálcio	Cloreto	Nitrato	Fosfato	
Janeiro	6,4	339,4	33,9	3,4	13,4	45,1	68,2	7,3	0,4	158,6
Fevereiro	4,4	428,4	42,4	3,8	15,9	51,2	74,4	7,9	0,6	182,4
Março	5,2	467,5	44,8	4,1	16,3	51,9	77,9	0,3	(a)	194,0
Abril	1,5	361,1	41,7	3,9	13,9	41,0	52,9	9,7	0,3	124,0
Maió	2,9	424,6	41,8	3,8	13,9	41,0	47,3	5,2	0,3	118,3
Junho	1,3	380,7	44,5	4,0	15,2	47,7	50,6	5,7	0,5	125,7
Julho	4,2	223,2	46,9	4,6	14,6	46,5	53,5	3,9	0,5	133,2
Agosto	2,2	478,7	44,7	4,3	14,3	43,4	56,3	1,9	0,5	141,2
Setembro	0,5	400,3	43,8	4,3	14,0	43,1	55,3	3,9	0,7	133,6
Outubro	6,8	374,7	42,5	4,0	13,7	42,0	52,5	3,2	0,7	128,7
Novembro	14,4	346,4	44,9	4,5	14,7	45,1	47,3	2,8	0,6	116,9
Dezembro	0,6	242,0	31,8	4,0	10,4	32,3	36,9	1,3	(a)	80,5
<i>Média±erro</i>	<i>4,2±3,9</i>	<i>372±79</i>	<i>42,0±4,5</i>	<i>4,1±0,3</i>	<i>14,2±1,5</i>	<i>44,2±5,2</i>	<i>56,1±11,8</i>	<i>4,4±2,8</i>	<i>0,5±0,1</i>	<i>136,4±30,3</i>

(a) não foi detectado

Tabela 11- Valores da concentração (mg L⁻¹) de parâmetros não radioactivos determinados em água de superfície colhida no rio Tejo na Barragem de Fratel

Data de colheita	Matéria em suspensão	Matéria dissolvida	Catiões				Aniões			
			Sódio	Potássio	Magnésio	Cálcio	Cloreto	Nitrato	Fosfato	Sulfato
Janeiro	7,4	327,1	37,7	3,3	12,7	41,6	42,3	4,6	0,6	98,5
Fevereiro	3,4	355,4	42,5	3,7	14,0	45,1	58,4	5,5	0,4	142,3
Maió	1,9	100,6	43,6	4,3	14,3	43,9	49,9	5,2	0,4	124,3
Agosto	9,0	374,5	45,8	4,4	15,1	47,0	57,1	1,4	0,4	139,1
Novembro	2,7	385,8	45,0	4,5	14,8	44,3	48,6	3,3	0,8	118,9

Tabela 12- Valores da concentração (mg L⁻¹) de parâmetros não radioactivos determinados em água de superfície colhida no rio Tejo na Barragem de Belver

Data de colheita	Matéria em suspensão	Matéria dissolvida	Catiões				Aniões			
			Sódio	Potássio	Magnésio	Cálcio	Cloreto	Nitrato	Fosfato	Sulfato
Fevereiro	6,7	365,9	41,4	3,6	15,0	47,8	78,1	9,9	0,6	209,4
Maió	2,2	305,2	43,2	4,1	14,3	43,3	48,6	5,6	0,4	121,2
Agosto	3,9	351,0	22,0	2,5	6,3	21,2	(b)	(b)	(b)	(b)
Novembro	0,2	214,8	27,3	3,3	7,9	27,7	31,0	(a)	(a)	65,1

(a) não foi detectado

(b) perdeu-se a amostra

Tabela 13- Valores da concentração (mg L⁻¹) de parâmetros não radioactivos determinados em água de superfície colhida no rio Tejo em Valada

Data de colheita	Matéria em suspensão	Matéria dissolvida	Catiões				Aniões			
			Sódio	Potássio	Magnésio	Cálcio	Cloreto	Nitrato	Fosfato	Sulfato
Janeiro	13,3	351,7	43,5	3,6	13,7	59,3	41,1	(a)	(a)	93,9
Fevereiro	10,1	292,7	30,5	3,6	9,8	38,3	47,9	8,7	0,4	96,8
Março	51,3	349,2	36,8	3,3	11,9	41,9	62,8	(a)	(a)	142,4
Abril	3,5	263,7	30,9	2,8	10,4	33,8	39,6	15,4	0,3	83,3
Mai	13,4	420,5	40,7	3,8	13,2	44,6	47,8	7,7	0,6	104,9
Junho	4,3	281,9	35,3	3,3	12,3	38,5	39,7	6,5	0,2	96,2
Julho	11,8	308,5	31,3	3,4	10,7	35,8	35,3	4,9	0,2	81,7
Agosto	7,4	177,3	17,7	1,9	5,3	19,8	20,5	2,5	0,2	41,8
Setembro	7,6	296,5	29,6	3,3	9,4	31,2	36,0	2,7	0,3	77,2
Outubro	23,3	337,3	33,2	3,8	9,1	40,7	42,2	6,2	0,4	80,4
Novembro	20,7	234,5	26,6	3,2	7,3	40,9	27,8	4,4	0,3	52,0
Dezembro	1,9	212,9	23,8	2,9	6,8	30,9	27,8	1,9	(a)	52,0
<i>Média±erro</i>	<i>14,1±13,4</i>	<i>293,9±66,9</i>	<i>31,7±7,1</i>	<i>3,2±0,5</i>	<i>10,0±2,6</i>	<i>38,0±9,4</i>	<i>39,0±11,1</i>	<i>6,1±4,0</i>	<i>0,3±0,1</i>	<i>83,6±27,2</i>

(a) não foi detectado

Tabela 14- Valores da concentração (mg L⁻¹) de parâmetros não radioactivos determinados em água de superfície colhida no rio Zêzere na Barragem de Castelo de Bode

Data de colheita	Matéria em suspensão	Matéria dissolvida	Catiões				Aniões			
			Sódio	Potássio	Magnésio	Cálcio	Cloreto	Nitrato	Fosfato	Sulfato
Janeiro	5,8	46,9	6,1	1,0	1,9	8,2	8,7	3,9	(a)	9,2
Fevereiro	10,5	42,5	5,7	1,0	1,8	3,4	8,7	4,3	(a)	9,6
Março	0,2	55,4	8,4	0,9	2,0	3,8	4,8	2,7	(a)	5,6
Abril	2,0	41,6	6,1	0,9	1,9	3,3	6,5	3,6	(a)	6,5
Maió	0,2	54,3	5,9	0,9	1,9	3,1	6,0	2,6	(a)	6,5
Junho	2,1	41,1	6,4	1,4	2,0	3,8	6,8	5,1	(a)	7,1
Julho	4,1	62,9	6,5	0,9	2,0	3,9	6,8	7,5	0,3	7,4
Agosto	1,2	46,6	6,3	0,9	2,0	3,5	7,4	0,7	(a)	7,6
Setembro	1,1	53,7	5,9	1,0	2,0	3,6	7,7	1,2	0,3	7,7
Outubro	11,0	42,9	5,7	0,9	1,9	3,1	6,9	0,9	(a)	7,4
Novembro	4,2	49,9	6,7	1,0	2,2	3,8	6,9	1,2	(a)	7,5
Dezembro	1,4	42,0	6,9	1,2	2,1	3,6	7,7	2,5	(a)	8,3
<i>Média±erro</i>	<i>3,7±3,7</i>	<i>48,3±7,0</i>	<i>6,4±0,7</i>	<i>1,0±0,1</i>	<i>2,0±0,1</i>	<i>3,9±1,4</i>	<i>7,1±1,1</i>	<i>3,0±2,0</i>		<i>7,5±1,1</i>

(a) não foi detectado

Tabela 15- Valores da concentração (mg L⁻¹) de parâmetros não radioactivos determinados em águas de superfície

Local de Amostragem	Matéria em suspensão	Matéria dissolvida	Sódio	Catiões			Cloreto	Aniões		
				Potássio	Magnésio	Cálcio		Nitrato	Fosfato	Sulfato
Guadiana (Barragem de Alqueva)	12,9	251,4	28,1	4,2	14,1	32,4	48,5	7,6	0,1	32,3
Douro (Barca d'Alva)	0,1	222,7	15,3	4,2	9,7	41,5	18,4	12,4	0,2	45,2
Mondego (Barragem da Aguieira)	1,7	60,6	8,8	1,4	1,5	3,6	9,1	0,6	(a)	7,8

(a) não foi detectado

Tabela 16- Medidas de radioactividade ($\text{Bq kg}^{-1} \pm 2\sigma$) em sedimentos totais, colhidos no rio Tejo, em Vila Velha de Rodão

Data de colheita	^{235}U	^{228}Ra	^{226}Ra	^{137}Cs	^{40}K	^7Be
Janeiro	< 4	40±4	22±2	< 1	912±39	< 5
Fevereiro	< 4	41±4	26±2	1,5±0,4	915±82	< 5
Março	6,0±1,1	33±1	59±1	< 1	988±20	< 5
Abril	< 4	50±4	30±1	1,3±0,2	809±16	< 5
Maio	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)
Junho	6,4±1	111±8	56±4	< 8	884±63	< 13
Julho	3,2±2,2	67±5	38±3	2,0±0,6	902±64	< 7
Agosto	3,1±0,6	40±1	37±1	6,9±0,3	645±13	< 3
Setembro	3,5±0,6	76±1	45±1	0,3±0,1	830±17	< 4
Outubro	3,6±0,6	75±1	46±1	1,8±0,1	904±18	< 4
Novembro	5,7±0,6	116±1	62±1	1,4±0,2	966±19	< 4
Dezembro	1,5±0,5	38±1	31±1	1,5±0,2	919±18	6,2±1,8
<i>Média ± erro</i>	<i>4,1 ± 1,4</i>	<i>62 ± 29</i>	<i>41 ± 14</i>	<i>2,4 ± 2,5</i>	<i>879 ± 93</i>	<i>5,6 ± 2,7</i>

(a)- não foi possível efectuar a colheita de amostras, devido às condições do rio.

Tabela 17- Medidas de radioactividade ($\text{Bq kg}^{-1} \pm 2\sigma$) em sedimentos, na fracção de granulometria $250 \geq \varnothing > 63 \mu\text{m}$ colhidos no rio Tejo, em Vila Velha de Ródão

Data de colheita	^{235}U	^{228}Ra	^{226}Ra	^{137}Cs	^{40}K	^7Be
Janeiro	4,3±0,8	54±5	36±3	< 1	850±76	< 9
Fevereiro	7,9±3,5	145±14	75±7	3,5±1,1	732±74	< 12
Março	5,4±4,1	32±3	70±6	< 1	1101±97	14±7
Abril	< 2	150±13	76±7	< 1	746±67	< 22
Maio	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)
Junho	8,0±1	235±2	111±2	2,9±0,2	737±15	< 8
Julho	2,2±1,0	138±1	51±2	2,7±0,3	725±14	< 7
Agosto	< 2	209±2	116±2	1,2±0,3	677±15	< 8
Setembro	6,9±1,3	123±15	82±2	1,8±0,2	664±16	< 8
Outubro	< 2	135±1	77±2	1,1±0,3	688±14	< 7
Novembro	9,1±1,7	324±3	171±3	2,3±0,3	643±12	< 9
Dezembro	3,0±0,9	63±2	53±2	1,9±0,2	683±14	< 6
<i>Média ± erro</i>	<i>4,8 ± 2,8</i>	<i>146 ± 85</i>	<i>83 ± 38</i>	<i>1,9 ± 0,9</i>	<i>750 ± 129</i>	<i>10 ± 5</i>

(a)- não foi possível efectuar a colheita de amostras, devido às condições do rio.

Tabela 18- Medidas de radioactividade ($\text{Bq kg}^{-1} \pm 2\sigma$) em sedimentos, na fracção de granulometria $\varnothing \leq 63 \mu\text{m}$, colhidos no rio Tejo, em Vila Velha de Ródão

Data de colheita	^{235}U	^{228}Ra	^{226}Ra	^{137}Cs	^{40}K	^7Be
Janeiro	18±2	207±17	129±10	< 1	779±65	< 15
Fevereiro	11±3	140±13	91±9	9,3±3,3	425±70	< 28
Março	17±12	165±11	203±14	3,3±1,9	1096±10	< 32
Abril	< 3	196±31	125±24	6,7±1,1	706±42	46±15
Maio	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)
Junho	16±3	172±12	104±8	7,5±3,2	649±80	< 24
Julho	19±3	379±8	214±4	8,9±0,8	689±34	< 29
Agosto	9,2±2,7	153±4	119±3	7,1±0,4	669±27	< 17
Setembro	7,1±2,2	213±2	102±2	7,6±1,0	678±33	< 26
Outubro	13±3	218±2	100±2	7,1±1,0	680±33	< 26
Novembro	13±3	221±4	141±4	3,9±1,8	598±33	< 29
Dezembro	18±1	196±4	127±4	5,1±1,0	632±31	< 19
<i>Média± erro</i>	<i>13±5</i>	<i>205±64</i>	<i>132±41</i>	<i>6,1±2,5</i>	<i>691±160</i>	<i>26±8</i>

(a)- não foi possível recolher amostras, devido às condições do rio.

Tabela 19- Medidas de radioactividade (Bq kg⁻¹± 2σ) em sedimentos totais, colhidos no rio Tejo, na Barragem de Fratel

Data de colheita	²³⁵U	²²⁸Ra	²²⁶Ra	¹³⁷Cs	⁴⁰K	⁷Be
Janeiro	3,7±0,6	24±2	27±2	1,7±0,6	922±83	< 4
Fevereiro	6,5±0,9	94±6	49±4	< 1	642±47	< 7
Maio	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)
Agosto	2,0±1,2	40±1	30±1	2,2±0,5	680±19	2,0±1,0
Novembro	4,1±2	52±3	35±3	1,6±0,5	748±20	< 7

(a)- não foi possível recolher amostras, devido às condições do rio.

Tabela 20- Medidas de radioactividade em sedimentos (Bq kg⁻¹± 2σ), na fracção de granulometria 250 ≥ Ø >63 µm colhidos no rio Tejo, na Barragem de Fratel

Data de colheita	²³⁵U	²²⁸Ra	²²⁶Ra	¹³⁷Cs	⁴⁰K	⁷Be
Janeiro	5,0±4,3	51±4	40±3	5,0±2,3	882±69	< 4
Fevereiro	< 7	98±8	112±18	< 1	693±20	< 10
Maio	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)
Agosto	3,0±1,3	43±1	37±1	7,4±0,5	654±19	2,9±1,5
Novembro	5,1±1,6	64±5	63±3	4,4±2,5	743±29	< 10

(a)- não foi possível recolher amostras, devido às condições do rio.

Tabela 21- Medidas de radioactividade em sedimentos ($\text{Bq kg}^{-1} \pm 2\sigma$), na fracção de granulometria $\varnothing \leq 63 \mu\text{m}$, colhidos no rio Tejo, na Barragem de Fratel

Data de colheita	^{235}U	^{228}Ra	^{226}Ra	^{137}Cs	^{40}K	^7Be
Janeiro	14 \pm 2	126 \pm 9	85 \pm 6	9,7 \pm 1,7	744 \pm 61	22 \pm 12
Fevereiro	3,9 \pm 3,1	151 \pm 13	83 \pm 7	< 1	699 \pm 64	< 17
Maió	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)
Agosto	9,8 \pm 0,6	61 \pm 1	58 \pm 2	0,8 \pm 0,4	601 \pm 18	< 17
Novembro	9,2 \pm 0,6	113 \pm 17	75 \pm 2	3,8 \pm 1,9	681 \pm 19	< 20

(a)- não foi possível recolher amostras, devido às condições do rio.

Tabela 22- Medidas de radioactividade em sedimentos totais ($\text{Bq kg}^{-1} \pm 2\sigma$), colhidos no rio Tejo, na Barragem de Belver

Data de colheita	^{235}U	^{228}Ra	^{226}Ra	^{137}Cs	^{40}K	^7Be
Fevereiro	4,7 \pm 0,2	43 \pm 1	33 \pm 1	0,8 \pm 0,2	869 \pm 17	< 5
Maió	1,6 \pm 0,5	28 \pm 1	19 \pm 1	1,1 \pm 0,1	914 \pm 18	< 3
Agosto	1,9 \pm 0,3	33 \pm 1	28 \pm 1	1,0 \pm 0,1	911 \pm 18	< 3
Novembro	< 4	21 \pm 1	6,9 \pm 0,2	0,5 \pm 0,1	817 \pm 16	< 3

Tabela 23- Medidas de radioactividade ($\text{Bq kg}^{-1} \pm 2\sigma$) em sedimentos, na fracção de granulometria $250 \geq \varnothing > 63 \mu\text{m}$ colhidos no rio Tejo, na Barragem de Belver

Data de colheita	^{235}U	^{228}Ra	^{226}Ra	^{137}Cs	^{40}K	^7Be
Fevereiro	2,6 \pm 0,7	45 \pm 2	33 \pm 1	0,7 \pm 0,2	866 \pm 17	4,7 \pm 1,8
Maió	5,7 \pm 1,1	77 \pm 7	45 \pm 4	1,3 \pm 0,7	760 \pm 68	< 6
Agosto	2,9 \pm 0,3	53 \pm 1	38 \pm 1	1,5 \pm 0,1	901 \pm 18	< 3
Novembro	2,5 \pm 0,2	90 \pm 2	63 \pm 2	2,5 \pm 0,2	922 \pm 18	< 4

Tabela 24- Medidas de radioactividade ($\text{Bq kg}^{-1} \pm 2\sigma$) em sedimentos, na fracção de granulometria $\varnothing \leq 63 \mu\text{m}$, colhidos no rio Tejo, na Barragem de Belver

Data de colheita	^{235}U	^{228}Ra	^{226}Ra	^{137}Cs	^{40}K	^7Be
Fevereiro	10±1	71±1	66±1	1,4±0,4	698±20	< 6
Mai	< 11	127±9	85±6	3,1±1,2	700±55	< 9
Agosto	< 12	120±10	100±10	2,9±1,0	790±45	< 10
Novembro	< 20	195±13	120±9	5,4±2,8	964±93	< 24

Tabela 25- Medidas de radioactividade ($\text{Bq kg}^{-1} \pm 2\sigma$) em sedimentos totais, colhidos no rio Tejo, em Valada do Ribatejo

Data de colheita	^{235}U	^{228}Ra	^{226}Ra	^{137}Cs	^{40}K	^7Be
Janeiro	3,6±0,2	31±1	27±1	1,3±0,1	914±19	< 4
Fevereiro	3,1±0,5	32±3	23±2	1,7±0,5	922±83	< 4
Março	1,6±0,2	15±2	11±1	< 1	834±17	< 4
Abril	2,4±0,2	20±2	14±1	< 1	818±16	12±3
Mai	2,8±0,2	33±1	22±1	0,8±0,1	789±16	2,9±1,5
Junho	2,8±0,6	32±2	21±2	< 1	912±65	< 3
Julho	2,6±1	47±3	24±2	1,1±0,4	846±58	< 3
Agosto	2,5±1	43±2	25±2	1,2±0,4	820±32	2,7±1,3
Setembro	2,0±0,4	45±1	27±1	0,4±0,1	742±15	9,9±3,3
Outubro	3,0±0,2	30±1	21±1	0,8±0,2	952±19	< 3
Novembro	2,3±0,6	36±3	28±2	< 1	787±56	< 7
Dezembro	2,4±0,2	27±1	12±1	0,5±0,1	819±16	< 3
<i>Média ± erro</i>	<i>2,6±0,5</i>	<i>33±9</i>	<i>21±6</i>	<i>1,0±0,3</i>	<i>846±65</i>	<i>4,9±3,1</i>

Tabela 26- Medidas de radioactividade ($\text{Bq kg}^{-1} \pm 2\sigma$) em sedimentos, na fracção de granulometria $250 \geq \varnothing > 63 \mu\text{m}$, colhidos no rio Tejo, em Valada do Ribatejo

Data de colheita	^{235}U	^{228}Ra	^{226}Ra	^{137}Cs	^{40}K	^7Be
Janeiro	2,9±1,0	60±1	51±1	1,9±0,5	798±20	< 5
Fevereiro	2,6±0,6	63±1	40±1	1,0±0,1	737±18	< 5
Março	1,8±0,7	18±2	16±2	< 1	1068±37	< 10
Abril	3,3±0,8	72±1	41±1	0,8±0,1	823±10	< 5
Mai	< 1	72±6	40±4	< 1	825±74	< 6
Junho	4,5±0,3	62±1	56±1	0,9±0,2	731±18	< 6
Julho	4,3±0,3	94±8	55±5	2,5±0,8	1283±113	< 4
Agosto	3,9±0,9	92±4	58±4	2,0±0,7	795±19	< 6
Setembro	3,3±1,0	94±1	64±1	0,3±0,1	713±17	< 6
Outubro	1,8±0,8	45±1	21±1	0,6±0,2	740±18	< 6
Novembro	2,3±0,8	63±1	30±3	< 1	730±18	< 6
Dezembro	4,4±0,3	58±2	33±1	0,6±0,2	757±15	< 6
<i>Média ± erro</i>	<i>3,0±1,1</i>	<i>66±22</i>	<i>42±15</i>	<i>1,1±0,7</i>	<i>833±170</i>	<i>< 6</i>

Tabela 27- Medidas de radioactividade ($\text{Bq kg}^{-1} \pm 2\sigma$) em sedimentos, na fracção de granulometria $\varnothing \leq 63 \mu\text{m}$, colhidos no rio Tejo, em Valada do Ribatejo

Data de colheita	^{235}U	^{228}Ra	^{226}Ra	^{137}Cs	^{40}K	^7Be
Janeiro	7,9±5,2	183±13	111±8	5,3±1,3	760±58	38±12
Fevereiro	23±1	307±4	182±3	1,9±0,9	784±32	< 20
Março	13±1	130±16	76±2	4,7±0,9	757±38	< 20
Abril	2,3±0,2	192±4	322±6	< 4	723±37	< 20
Maiο	30±2	374±5	209±4	4,9±0,8	772±52	< 28
Junho	12±2	126±9	111±8	4,7±1,1	804±61	< 28
Julho	20±1	264±3	134±3	< 4	869±34	< 20
Agosto	11±1	220±10	113±3	< 4	890±42	< 20
Setembro	13±3	256±5	131±3	< 4	816±40	< 25
Outubro	8,7±1,9	295±5	173±5	< 4	845±33	< 20
Novembro	7,6±1,8	257±5	135±3	3,9±0,8	934±35	< 13
Dezembro	< 16	249±18	137±10	< 15	960±57	< 13
<i>Média± erro</i>	<i>14±8</i>	<i>238±72</i>	<i>153±64</i>	<i>5,0±3,2</i>	<i>826±74</i>	<i>22±7</i>

Tabela 28- Valores em percentagem (%) das fracções granulométricas $250\mu\text{m} \geq \varnothing > 63\mu\text{m}$ (areia) e $\leq 63\mu\text{m}$ (areia fina) relativos ao sedimento total, em sedimentos colhidos no rio Tejo, em Vila Velha de Ródão

Data de colheita	% do Sedimento Total	
	Fracção Granulométrica	Fracção Granulométrica
	$250\mu\text{m} \geq \varnothing > 63\mu\text{m}$	$\leq 63\mu\text{m}$
Janeiro	32,7	4,4
Fevereiro	11,9	1,3
Março	10,4	1,0
Abril	27,3	1,3
Maio	(a)	(a)
Junho	37,0	1,8
Julho	32,0	2,0
Agosto	29,8	3,9
Setembro	35,0	1,9
Outubro	41,0	2,9
Novembro	25,7	1,0
Dezembro	69,6	1,8

(a)- não foi possível recolher amostras, devido às condições do rio.

Tabela 29- Valores em percentagem (%) das fracções granulométricas $250\mu\text{m} \geq \varnothing > 63\mu\text{m}$ (areia) e $\leq 63\mu\text{m}$ (areia fina) relativos ao sedimento total, em sedimentos colhidos no rio Tejo, na Barragem de Fratel

Data de colheita	% do Sedimento Total	
	Fracção Granulométrica	Fracção Granulométrica
	$250\mu\text{m} \geq \varnothing > 63\mu\text{m}$	$\leq 63\mu\text{m}$
Janeiro	9,3	6,5
Fevereiro	34,6	23,9
Maio	(a)	(a)
Agosto	13,9	28,8
Novembro	29,8	25,6

(a)- não foi possível recolher amostras, devido às condições do rio.

Tabela 30- Valores em percentagem (%) das fracções granulométricas $250\mu\text{m} \geq \varnothing > 63\mu\text{m}$ (areia) e $\leq 63\mu\text{m}$ (areia fina) relativos ao sedimento total, em sedimentos colhidos no rio Tejo, na Barragem de Belver

Data de colheita	% do Sedimento Total	
	Fracção Granulométrica	Fracção Granulométrica
	$250\mu\text{m} \geq \varnothing > 63\mu\text{m}$	$\leq 63\mu\text{m}$
Fevereiro	23,4	12,9
Maio	13,3	4,2
Agosto	16,9	12,4
Novembro	7,2	1,0

Tabela 31- Valores em percentagem (%) das fracções granulométricas $250\mu\text{m} \geq \varnothing > 63\mu\text{m}$ (areia) e $\leq 63\mu\text{m}$ (areia fina) relativos ao sedimento total, em sedimentos colhidos no rio Tejo, em Valada do Ribatejo

Data de colheita	% do Sedimento Total	
	Fracção Granulométrica	Fracção Granulométrica
	$250\mu\text{m} \geq \varnothing > 63\mu\text{m}$	$\leq 63\mu\text{m}$
Janeiro	43,5	6,2
Fevereiro	30,6	1,0
Março	16,6	1,0
Abril	12,6	1,0
Maio	29,4	1,2
Junho	21,3	4,9
Julho	20,0	1,4
Agosto	22,3	1,8
Setembro	50,5	2,4
Outubro	27,2	1,0
Novembro	23,3	1,8
Dezembro	25,0	2,1

Tabela 32- Medidas de radioactividade ($\text{Bq kg}^{-1} \pm 2\sigma$) em sedimentos totais, colhidos nos rios Guadiana, Douro e Mondego

Local de Amostragem	^{235}U	^{228}Ra	^{226}Ra	^{137}Cs	^{40}K	^7Be
Guadiana (Barragem de Alqueva)	1,6±0,4	22±2	12±1	1,2±0,5	404±30	< 18
Douro (Barca d'Alva)	4,5±0,2	43±3	34±1	1,5±0,1	648±47	< 4
Mondego (Barragem da Agueira)	4,8±0,7	49±3	39±3	2,3±0,7	662±47	<14

Tabela 33- Medidas de radioactividade ($\text{Bq kg}^{-1} \pm 2\sigma$) em sedimentos na fracção de granulometria $250 \geq \varnothing > 63 \mu\text{m}$ colhidos nos rios Guadiana, Douro e Mondego

Local de Amostragem	^{235}U	^{228}Ra	^{226}Ra	^{137}Cs	^{40}K	^7Be
Guadiana (Barragem de Alqueva)	< 1	24±2	13±1	1,0±0,5	416±39	< 12
Douro (Barca d'Alva)	< 1	53±1	53±1	0,3±0,1	541±5	< 6
Mondego (Barragem da Agueira)	5,8±0,7	96±8	68±6	2,4±0,7	649±59	<18

Tabela 34- Medidas de radioactividade ($\text{Bq kg}^{-1} \pm 2\sigma$) em sedimentos, na fracção de granulometria $\varnothing \leq 63 \mu\text{m}$, colhidos nos rios Guadiana, Douro e Mondego

Local de Amostragem	^{235}U	^{228}Ra	^{226}Ra	^{137}Cs	^{40}K	^7Be
Guadiana (Barragem de Alqueva)	6,7±1,9	68±5	36±3	3,3±0,9	515±41	< 28
Douro (Barca d'Alva)	15±2	119±10	96±8	7,3±2,5	673±63	< 38
Mondego (Barragem da Agueira)	23±1	277±5	156±5	11±0,9	554±28	<17

Tabela 35- Valores em percentagem (%) das fracções granulométricas $250\mu\text{m} \geq \varnothing > 63\mu\text{m}$ (areia) e $\leq 63\mu\text{m}$ (areia fina) relativos ao sedimento total, em sedimentos colhidos nos rios Guadiana, Douro e Mondego

Local de Amostragem	% do Sedimento Total	
	Fracção Granulométrica $250\mu\text{m} \geq \varnothing > 63\mu\text{m}$	Fracção Granulométrica $\leq 63\mu\text{m}$
Guadiana (Barragem de Alqueva)	23,9	8,3
Douro (Barca d'Alva)	55,5	6,4
Mondego (Barragem da Agueira)	18,9	2,5

Tabela 36- Medidas de radioactividade em peixe ($\text{Bq kg}^{-1} \pm 2\sigma$, músculo fresco), capturado no rio Tejo, em Vila Velha de Ródão

Data de Colheita	Espécie	^{137}Cs	^{226}Ra	^{228}Ra	^{40}K
Janeiro	<i>Barbus bocagei</i> L.	< 0,1	< 0,2	< 0,1	118±8
Fevereiro	<i>Barbus bocagei</i> L.	< 0,1	< 0,2	< 0,2	105±7
Março	<i>Barbus bocagei</i> L.	0,07±0,02	< 0,2	< 0,2	105±2
Abril	<i>Barbus bocagei</i> L.	< 0,1	< 0,2	< 0,2	78±5
Mai	<i>Barbus bocagei</i> L.	0,06±0,01	< 0,3	< 0,1	97±2
Junho	<i>Barbus bocagei</i> L.	0,07±0,02	< 0,2	< 0,2	101±5
Julho	<i>Barbus bocagei</i> L.	< 0,1	< 0,3	< 0,2	120±3
Agosto	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)
Setembro	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)
Outubro	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)
Novembro	<i>Barbus bocagei</i> L.	< 0,1	0,58±0,05	< 0,1	101±2
Dezembro	<i>Barbus bocagei</i> L.	0,08±0,01	< 0,3	< 0,1	120±2

(a) - Não houve recolha de amostras, por impedimento do pescador

Tabela 37- Medidas de radioactividade em peixe ($\text{Bq kg}^{-1} \pm 2\sigma$, músculo fresco), capturado no rio Douro

Local de Amostragem	Espécie	^{137}Cs	^{226}Ra	^{228}Ra	^{40}K
Douro (Barca d'Alva)	<i>Barbus bocagei</i> L.	< 6	0,96±0,11	< 8	99±2

Tabela 38- Medidas de radioatividade em hidrofítos (Bq kg⁻¹, peso fresco), colhidos no rio Tejo, na Barragem de Belver

Data de Colheita	Espécie	²³⁵ U	²²⁸ Ra	²²⁶ Ra	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K	⁷ Be
Fevereiro	<i>Potamogetum crispus</i> L	0,39±0,08	< 0,3	1,6±0,1	< 0,1	59±5	2,4±1,3
Mai	<i>Potamogetum crispus</i> L	0,74±0,11	0,90±0,15	< 12	< 0,1	28±3	< 0,3
Agosto	<i>Potamogetum crispus</i> L	< 0,07	< 0,1	1,3± 0,1	< 0,1	119±5	< 0,5
Novembro	<i>Potamogetum crispus</i> L	0,64±0,11	0,63±0,10	< 10	< 0,1	78±4	< 0,3

Tabela 39- Medidas de radioatividade em amostras de mexilhões e algas ($\text{Bq kg}^{-1} \pm 2\sigma$, peso fresco) colhidas na Costa Atlântica e nos Estuários do Tejo e Sado

Local de Amostragem	Produto	$^{239+240}\text{Pu}$	^{238}Pu	^{241}Am	^{226}Ra	^{137}Cs	^{40}K
Matosinhos	Mexilhões	$(2,2 \pm 0,9) \times 10^{-3}$	$< 0,023 \times 10^{-3}$	$(0,7 \pm 0,6) \times 10^{-3}$	$< 0,6$	$< 0,2$	29 ± 4
	Algas	$(7,0 \pm 1,0) \times 10^{-3}$	$< 0,023 \times 10^{-3}$	$< 0,023 \times 10^{-3}$	$< 0,9$	$< 0,3$	203 ± 16
Figueira da Foz	Mexilhões	$(4,6 \pm 0,9) \times 10^{-3}$	$< 0,023 \times 10^{-3}$	$< 0,023 \times 10^{-3}$	$< 0,6$	$< 0,2$	37 ± 5
	Algas	$(3,3 \pm 0,7) \times 10^{-3}$	$< 0,023 \times 10^{-3}$	$< 0,023 \times 10^{-3}$	$2,6 \pm 0,3$	$< 0,2$	35 ± 5
Cabo de S. Vicente	Mexilhões	$(5,2 \pm 0,1) \times 10^{-3}$	$< 0,023 \times 10^{-3}$	$< 0,023 \times 10^{-3}$	$1,5 \pm 0,3$	$< 0,2$	32 ± 5
Estuário do Tejo	Mexilhões	$(2,1 \pm 0,6) \times 10^{-3}$	$< 0,023 \times 10^{-3}$	$< 0,023 \times 10^{-3}$	$< 0,7$	$< 0,2$	37 ± 5
Estuário do Sado	Mexilhões	$(3,8 \pm 0,8) \times 10^{-3}$	$< 0,023 \times 10^{-3}$	$< 0,023 \times 10^{-3}$	$< 0,8$	$< 0,2$	39 ± 6

Tabela 40- Medidas de radioactividade (Bq L⁻¹ ± 2σ) em água para consumo humano recolhida em Sacavém

Data de colheita	¹³⁷Cs	⁹⁰Sr	³H	Alfa Total	Beta Total
Janeiro	(0,51±0,29)x10 ⁻³	(2,63±1,90)x10 ⁻³	< 0,8	< 0,025	0,052±0,009
Fevereiro	(0,59±0,39)x10 ⁻³	(2,47±1,86)x10 ⁻³	2,72±0,51	< 0,037	< 0,030
Março	(0,68±0,40) x10 ⁻³	(2,91±1,88)x10 ⁻³	< 0,8	< 0,037	0,078±0,011
Abril	< 0,5 x10 ⁻³	(2,61±1,26)x10 ⁻³	1,14±0,73	< 0,037	0,159±0,026
Mai	(0,67±0,34) x10 ⁻³	(2,30±1,57)x10 ⁻³	3,28±1,00	< 0,037	0,070±0,028
Junho	(0,55±0,36) x10 ⁻³	(2,92±1,30)x10 ⁻³	2,98±0,84	< 0,037	0,089±0,017
Julho	(0,64±0,42)x10 ⁻³	(2,72±1,63)x10 ⁻³	2,68±0,80	< 0,037	0,090±0,017
Agosto	(0,79±0,46)x10 ⁻³	(2,55±2,47)x10 ⁻³	< 0,8	< 0,037	0,040±0,006
Setembro	(0,56±0,32)x10 ⁻³	(2,95±2,26)x10 ⁻³	1,68±0,50	< 0,037	0,055±0,006
Outubro	(0,63±0,42)x10 ⁻³	(2,26±1,75)x10 ⁻³	2,96±0,84	< 0,037	0,087±0,008
Novembro	(0,75±0,38)x10 ⁻³	(2,02±1,61)x10 ⁻³	6,75±2,04	< 0,025	0,086±0,011
Dezembro	(0,68±0,41)x10 ⁻³	(2,61±1,81)x10 ⁻³	< 0,8	< 0,037	0,046±0,007
<i>Média±erro</i>	<i>(0,63±0,09)x10⁻³</i>	<i>(2,58±0,28)x10⁻³</i>	<i>2,28±1,72</i>	-	<i>0,074±0,034</i>

Limite de detecção para a actividade alfa total em amostras de 3 L (0,025 Bq L⁻¹)

Limite de detecção para a actividade alfa total em amostras de 2 L (0,037 Bq L⁻¹)

Tabela 41- Medidas de radioactividade ($\text{Bq L}^{-1} \pm 2\sigma$) em água para consumo humano recolhida em Vila Velha de Ródão

Data de colheita	^{137}Cs	^{90}Sr	^3H	Alfa Total	Beta Total
Janeiro	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)
Fevereiro	$< 0,5 \times 10^{-3}$	$(3,07 \pm 1,98) \times 10^{-3}$	$< 0,8$	$0,057 \pm 0,017$	$0,146 \pm 0,008$
Março	$(0,54 \pm 0,39) \times 10^{-3}$	$(2,65 \pm 1,07) \times 10^{-3}$	$1,19 \pm 0,55$	$0,104 \pm 0,018$	$0,078 \pm 0,008$
Abril	$< 0,5 \times 10^{-3}$	$(2,02 \pm 1,40) \times 10^{-3}$	$2,99 \pm 0,90$	$0,102 \pm 0,020$	$0,156 \pm 0,009$
Maió	$(0,92 \pm 0,44) \times 10^{-3}$	$(1,79 \pm 1,02) \times 10^{-3}$	$< 0,8$	$0,040 \pm 0,017$	$0,100 \pm 0,009$
Junho	$(0,72 \pm 0,32) \times 10^{-3}$	$(2,27 \pm 1,41) \times 10^{-3}$	$1,97 \pm 0,70$	$0,095 \pm 0,020$	$0,118 \pm 0,008$
Julho	$(0,53 \pm 0,31) \times 10^{-3}$	$(2,55 \pm 1,51) \times 10^{-3}$	$1,83 \pm 0,70$	$0,070 \pm 0,019$	$0,138 \pm 0,008$
Agosto	$(0,62 \pm 0,37) \times 10^{-3}$	$(2,45 \pm 1,51) \times 10^{-3}$	$< 0,8$	$0,065 \pm 0,015$	$0,063 \pm 0,007$
Setembro	$(0,74 \pm 0,45) \times 10^{-3}$	$(2,69 \pm 1,79) \times 10^{-3}$	$1,47 \pm 0,60$	$0,089 \pm 0,025$	$0,145 \pm 0,009$
Outubro	$(0,56 \pm 0,38) \times 10^{-3}$	$(2,01 \pm 1,61) \times 10^{-3}$	$2,27 \pm 0,89$	$0,099 \pm 0,019$	$0,134 \pm 0,008$
Novembro	$(0,73 \pm 0,43) \times 10^{-3}$	$(2,46 \pm 1,51) \times 10^{-3}$	$2,39 \pm 0,89$	$0,046 \pm 0,007$	$0,124 \pm 0,008$
Dezembro	$(0,66 \pm 0,36) \times 10^{-3}$	$(2,20 \pm 1,75) \times 10^{-3}$	$< 0,8$	$0,101 \pm 0,024$	$0,109 \pm 0,008$
<i>Média±erro</i>	$(0,64 \pm 0,13) \times 10^{-3}$	$(2,38 \pm 0,37) \times 10^{-3}$	$1,57 \pm 0,77$	$0,079 \pm 0,024$	$0,119 \pm 0,029$

(a) Não se efectuou a recolha de amostra, porque o programa de colheita só foi estabelecido posteriormente.

Tabela 42- Medidas de radioactividade ($\text{Bq L}^{-1} \pm 2\sigma$) em água para consumo humano recolhida em vários locais do país

Data de colheita	Local de Amostragem	Alfa Total	Beta Total
Janeiro	Braga	< 0,025	0,034±0,005
	Porto	< 0,025	0,122±0,012
	Lisboa	< 0,037	0,136±0,017
Fevereiro	Lousada	0,205±0,032	0,192±0,012
	Cruz de Pau	< 0,025	0,062±0,013
	Lisboa	< 0,037	0,064±0,011
	Porto	< 0,037	< 0,030
Março	Chaves	< 0,025	0,053±0,010
	Mondim de Basto	0,214±0,015	0,151±0,007
	Lisboa	< 0,037	0,192±0,021
	Porto	< 0,037	0,090±0,009
Abril	Vouzela	0,152±0,017	0,155±0,007
	Oia	0,426±0,061	0,593±0,025
	Lisboa	< 0,037	0,031±0,019
	Porto	< 0,037	0,060±0,007
Maiο	Oliv. de Azemeis	0,026±0,014	0,076±0,006
	Mealhada	< 0,025	0,139±0,019
	Lisboa	< 0,037	< 0,030
	Porto	< 0,037	0,068±0,010
Junho	Mogadouro	< 0,037	0,031±0,011
	Celor.da Beira	< 0,037	0,036±0,007
	Lisboa	< 0,037	0,219±0,025
	Porto	< 0,025	0,050±0,009

Continuação da Tabela 42

Data de colheita	Local de Amostragem	Alfa Total	Beta Total
Julho	Vila Real	0,026±0,015	0,058±0,007
	Bragança	< 0,025	0,041±0,005
	Lisboa	0,042±0,026	0,073±0,009
	Porto	< 0,037	0,050±0,008
Agosto	Covilhã	< 0,025	0,052±0,005
	Caria	< 0,025	0,078±0,006
	Lisboa	0,038±0,037	0,094±0,015
	Porto	< 0,037	0,041±0,008
Setembro	Cabanas	< 0,025	0,026±0,009
	Quarteira	< 0,025	0,026±0,009
	Lisboa	< 0,037	0,180±0,011
	Porto	< 0,037	0,050±0,007
Outubro	Guarda	< 0,025	0,036±0,004
	Viseu	< 0,025	0,104±0,007
	Prado Velho	0,096±0,026	0,179±0,013
	Lamegal	< 0,037	0,077±0,008
	Vila Fernando	0,092±0,017	0,194±0,010
	Freixeda	0,068±0,027	0,164±0,010
	Sobral da Serra	< 0,037	0,035±0,007
	Lisboa	< 0,037	0,093±0,016
	Porto	< 0,037	0,057±0,006

Conclusão da Tabela 42

Data de colheita	Local de Amostragem	Alfa Total	Beta Total
Novembro	Horta	< 0,037	0,158±0,016
	Angra Heroismo	< 0,037	0,199±0,012
	Lisboa	0,065±0,058	0,189±0,021
	Porto	< 0,025	0,055±0,008
Dezembro	Ponta Delgada	< 0,037	0,178±0,011
	Abrantes	< 0,025	0,122±0,014
	Lisboa	< 0,037	0,111±0,013
	Porto	< 0,037	0,044±0,007

Limite de detecção para a actividade alfa total em amostras de 3 L (0,025 Bq L⁻¹)

Limite de detecção para a actividade alfa total em amostras de 2 L (0,037 Bq L⁻¹)

De Setembro a Dezembro, usou-se o sistema de contagem baixo fundo, Canberra 2205, o qual apresenta um limite de detecção de 0,020 Bq L⁻¹

Tabela 43- Medidas de radioactividade em águas para consumo humano ($\text{mBq L}^{-1} \pm 1\sigma$) nas zonas mineiras de Mangualde, Sabugal, Guarda e Aguiar da Beira

Local de Amostragem	^{238}U	^{235}U	^{234}U	^{230}Th	^{226}Ra	^{210}Pb	^{210}Po	^{232}Th	^{228}Th
Mangualde	20,2±0,6	1,00±0,06	18,4±0,6	0,250±0,017	12,8±5,3	47,8±1,7	3,58±0,07	0,144±0,012	(a)
Mesquitela	1,84±0,05	0,086±0,008	1,87±0,05	0,074±0,010	30,3±2,8	9,1±0,4	2,7±0,2	0,036±0,007	(a)
C.Baixa (rs)	4,4±0,1	0,22±0,02	5,4±0,1	(a)	9,5±1,3	40,8±1,5	4,0±0,2	(a)	(a)
C. Baixa (ri)	17,8±0,6	0,85±0,06	18,6±0,6	0,601±0,046	21,3±2,8	71,7±3,0	3,4±0,2	0,119±0,019	0,986±0,048
Ab.do Mato	3,2±0,1	0,16±0,02	2,9±0,1	0,206±0,029	9,4±1,2	42,9±1,7	2,0±0,1	0,040±0,013	0,256±0,014
Outeiro Esp.	104,9±4,4	4,5±0,3	102,5±4,3	0,351±0,033	34,1±2,6	71,8±2,6	153,1±14,3	0,047±0,010	24,4±1,4
Sabugal	13,6±0,5	0,59±0,06	12,9±0,5	(a)	0,64±0,09	(b)	6,9±0,2	(a)	(a)
Casteleiro	25,2±0,8	1,21±0,08	24,3±0,8	0,891±0,083	9,0±0,7	(b)	13,5±0,9	0,160±0,028	0,890±0,060
Pousafoles	21,3±0,7	0,92±0,07	18,5±0,6	1,1±0,1	22,3±2,0	(b)	29,0±1,7	0,116±0,024	2,1±0,1
Águas Belas	13,5±0,5	0,62±0,06	13,3±0,5	0,36±0,05	47,8±2,1	(b)	33,2±1,3	0,094±0,021	3,0±0,2
Belmonte	6,1±0,3	0,28±0,04	6,0±0,3	0,572±0,070	3,7±0,4	(b)	5,8±0,2	0,168±0,040	0,105±0,007
Inguias	3,3±0,1	0,18±0,02	3,2±0,1	(a)	7,2±0,5	(b)	7,8±0,2	(a)	(a)
Sortelha	1,8±0,1	0,10±0,02	2,0±0,1	(a)	13,4±0,8	(b)	29,1±1,2	(a)	(a)
Benespera	22,6±0,8	0,89±0,07	24,6±0,8	(a)	10,3±0,8	(b)	18,6±0,8	(a)	(a)

Conclusão da Tabela 43

Local de Amostragem	^{238}U	^{235}U	^{234}U	^{230}Th	^{226}Ra	^{210}Pb	^{210}Po	^{232}Th	^{228}Th
Quarta-Feira	42,1±2,3	1,8±0,2	35,4±2,0	(a)	10,6±1,3	(b)	21,9±0,9	(a)	(a)
Azenha	230,8±9,6	9,2±0,5	282,2±11,8	(a)	107,2±5,4	(b)	88,1±5,4	(a)	(a)
Calderinhas	44,9±2,5	1,7±0,2	41,1±2,3	1,2±0,1	9,2±0,6	(b)	46,3±1,9	0,112±0,036	0,884±0,076
Guarda	1,6±0,2	0,08±0,04	2,0±0,2	(a)	3,2±0,2	(b)	3,3±0,2	(a)	(a)
Vila Fernando	31,5±1,8	1,2±0,2	36,2±2,1	4,7±0,4	17,0±1,2	(b)	65,5±3,6	0,378±0,060	5,3±0,4
Sobral da Serra	0,36±0,02	0,026±0,007	0,32±0,02	0,439±0,055	2,5±0,2	(b)	2,5±0,1	0,077±0,025	(a)
Lamegal	10,2±0,3	0,47±0,04	12,1±0,3	1,6±0,1	3,4±0,2	(b)	13,1±0,5	0,329±0,055	0,169±0,011
Freixedas	39,7±1,2	1,7±0,1	42,3±1,3	3,8±0,3	13,5±0,8	(b)	8,6±0,4	0,721±0,110	(a)
Ázere	0,41±0,03	0,014±0,006	0,59±0,04	0,354±0,074	3,0±0,4	(b)	3,5±0,1	0,111±0,041	(a)
Aguiar da Beira	25,0±0,7	1,14±0,06	26,2±0,7	1,7±0,1	12,2±0,6	(b)	22,3±1,3	0,429±0,059	2,6±0,2
Trancoso	12,2±0,4	0,56±0,06	13,6±0,5	(a)	9,8±0,5	(b)	4,8±0,2	(a)	(a)
Vila N. Tazem	7,0±0,3	0,25±0,06	6,7±0,3	3,6±0,3	3,0±0,1	(b)	4,9±0,2	0,310±0,079	(a)
Esmolfe	43,2±1,4	2,1±0,1	45,5±1,4	(a)	11,9±0,6	(b)	13,8±0,5	(a)	(a)-

(a)- não foi determinado

(b)- será determinado posteriormente

Tabela 44- Medidas de radioactividade ($\text{Bq kg}^{-1} \pm 2\sigma$, peso fresco) em produtos da cadeia alimentar

Data de colheita	Proveniência	Produto	^{137}Cs	^{40}K	^7Be	
Janeiro	Supermercado (Lisboa)	Alface	< 0,2	98,2±8,2	< 1,4	
		Laranja	< 0,2	51,8±5,2	< 1,3	
		Farinha	< 0,2	36,0±1,8	< 1,6	
		Carapau	< 0,2	112,8±8,8	< 1,2	
		Berbigão	< 0,1	40,1±1,4	1,9±0,3	
			Carne (Frango)	< 0,1	85,8±2,2	< 0,8
	Direcção Regional de Agricultura do Alentejo		Couve	< 0,3	114,0±4,0	< 2,4
			Nabo	< 0,1	63,5±5,4	< 0,9
			Laranja	< 0,2	60,1±5,9	< 1,3
			Tangera	< 0,2	49,2±1,8	< 1,4
			Carne (Ovino)	0,4±0,1	115,5±8,8	< 1,2
	Fevereiro	Região de V.Velha de Ródão	Couve	< 0,2	107,1±9,2	2,8±1,5
			Batata	< 0,2	128,2±9,8	< 1,3
Laranja			< 0,1	62,0±5,1	< 0,9	
Carne (Porco)			< 0,1	107,2±2,6	< 0,8	
Direcção Regional de Agricultura Entre Douro e Minho			Couve	< 0,2	137,9±3,4	9,9±0,7
			Cebola	< 0,2	52,3±5,3	< 1,3
			Laranja	< 0,2	51,4±1,8	< 1,4
			Carne (Porco)	< 0,1	108,6±8,3	< 0,9

Continuação da Tabela 44

Data de colheita	Proveniência	Produto	^{137}Cs	^{40}K	^7Be
Março	Direcção Regional de Agricultura de Trás-os-Montes	Couve	< 0,2	135,7±10,4	3,0±0,7
		Batata	< 0,1	147,8±3,3	< 0,9
		Pera	< 0,2	30,1±4,2	< 1,5
		Carne (Bovino-292)	< 0,2	107,9±8,5	< 2,0
		Carne (Bovino-297)*	-	-	-
	Carne (Ovino)**	1,5±0,1	99,7±2,8	< 1,3	
	Direcção Regional de Agricultura do Algarve	Couve	< 0,3	89,0±8,6	< 2,2
		Batata	< 0,1	124,1±9,4	< 1,4
		Laranja	< 0,2	37,7±4,7	< 2,0
		Carne (Ovino)	< 0,1	130,1±9,7	< 1,5
Abril	Direcção Regional de Agricultura da Beira Litoral	Couve	< 0,2	102,7±8,1	< 1,6
		Batata	< 0,2	94,5±7,8	< 1,5
		Laranja	< 0,1	53,0±4,5	< 1,1
		Carne (Porco)	< 0,2	< 5,4	< 1,8
	Direcção Regional de Agricultura dos Açores (Ponta Delgada)	Couve	< 0,2	88,0±7,1	6,5±0,9
		Alface	< 0,2	81,4±7,4	5,8±2,5
		Batata	< 0,1	154,9±3,4	< 0,9
		Laranja	< 0,1	69,5±5,5	< 1,1
		Peixe	< 0,2	90,5±7,4	< 2,5
		Carne (Bovino)	< 0,3	102,7±8,2	< 2,1

* Amostra perdida durante a análise

** Amostra composta por 2 amostras individuais

Continuação da Tabela 44

Data de colheita	Proveniência	Produto	^{137}Cs	^{40}K	^7Be
Maió	Direcção Regional de Agricultura da Beira Interior	Couve	< 0,2	67,8±2,1	< 1,5
		Batata	< 0,2	127,2±9,8	< 1,3
		Laranja	< 0,2	30,0±4,2	< 1,3
		Carne (Porco)	< 0,3	119,2±9,2	< 1,8
	Direcção Regional de Agricultura do Ribatejo e Oeste	Couve	< 0,2	79,2±2,3	< 1,4
		Alface	< 0,1	118,4±2,9	3,9±0,4
		Batata	< 0,2	93,6±7,8	< 1,4
		Pera*	-	-	-
		Carne (Porco)	< 0,2	127,5±3,3	< 1,4
Junho	Direcção Regional de Agricultura do Alentejo	Couve	< 0,2	140,6±11,0	< 1,7
		Batata	< 0,2	136,4±10,3	< 1,7
		Laranja	< 0,2	55,5±5,6	< 1,5
		Carne (Ovino)	< 0,3	89,3±7,5	< 2,0
		Carne (Bovino)	< 0,2	99,0±2,8	< 1,2
Julho	Supermercado (Lisboa)	Tomate	< 0,2	63,8±5,9	< 1,4
		Melão	< 0,2	106,3±8,5	< 1,5
		Farinha	< 0,2	45,0±5,8	< 2,2
		Sardinha	< 0,1	105,4±3,0	< 1,2
		Mexilhão	< 0,1	36,4±2,0	1,2±0,2
		Carne (Frango)	< 0,2	80,6±7,0	< 2,0
	Região de V. Velha de Ródão	Couve	< 0,2	79,7±2,9	< 1,3
		Batata	< 0,2	137,6±10,5	< 2,1
		Pêssego	< 0,2	69,1±6,2	< 1,5
		Carne (Porco)	< 0,2	118,4±9,2	< 1,5

* Amostra perdida durante a análise;

Continuação da Tabela 44

Data de colheita	Proveniência	Produto	^{137}Cs	^{40}K	^7Be
Setembro	Direcção Regional de Agricultura do Algarve	Couve	< 0,2	58,7±5,8	< 1,8
		Batata	0,2±0,05	93,0±3,0	< 1,4
		Laranja	< 0,2	32,6±4,6	< 1,9
		Abacate	< 0,2	88,3±4,4	< 1,5
		Carne (Bovino)	< 0,2	< 1,3	< 1,7
	Direcção Regional de Agricultura Entre Douro e Minho	Couve	< 0,1	85,8±2,9	< 1,4
		Batata	< 0,2	124,9±9,7	< 1,4
		Maçã	< 0,2	33,7±4,7	< 1,4
		Carne (Porco)	< 0,1	107,8±3,8	< 1,4
	Outubro	Direcção Regional de Agricultura de Trás-os-Montes	Couve	< 0,2	95,9±8,1
Batata			< 0,2	122,2±9,7	< 1,6
Maçã			< 0,1	31,3±2,4	< 1,4
Carne (Bovino)			< 0,2	115,1±8,9	< 1,4
Carne (Ovino) PTF 777611			< 0,2	108,2±8,7	< 1,6
Carne (Ovino) PTG 7284523			< 0,2	103,3±8,3	< 1,5
Carne (Ovino) PTF 725829			< 0,2	104,2±8,2	< 1,6
Direcção Regional de Agricultura da Beira Litoral		Couve	< 0,2	103,9±3,9	8,2±0,7
		Batata	< 0,2	82,3±2,9	< 1,1
		Maçã	< 0,2	27,8±2,5	< 1,2
	Carne (Porco)	0,2±0,1	65,6±5,9	< 1,6	

Conclusão da Tabela 44

Data de colheita	Proveniência	Produto	^{137}Cs	^{40}K	^7Be
Novembro	Direcção Regional de Agricultura da Beira Interior	Couve	< 0,1	88,6±2,8	1,6±0,4
		Batata	< 0,2	165,1±12,1	< 1,4
		Maçã	< 0,2	44,9±2,2	< 1,1
		Carne (Bovino)	< 0,2	112,8±8,8	< 1,4
	Região de V. Velha de Ródão	Couve	< 0,2	113,2±10,3	6,3±2,0
		Batata	< 0,2	121,6±9,5	< 1,5
Dezembro	Direcção Regional de Agricultura dos Açores (Ponta Delgada)	Couve	< 0,2	136,9±10,4	< 3,7
		Batata	< 0,2	163,7±12,0	< 1,6
		Banana	< 0,2	143,3±10,8	< 1,5
		Anona	< 0,2	114,5±8,7	< 1,4
		Carne (Bovino)	0,2 ± 0,04	98,2±2,8	< 0,9
	Direcção Regional de Agricultura do Ribatejo e Oeste	Couve	< 0,2	111,9±8,8	< 2,2
		Cenouras	< 0,3	95,5±7,9	< 1,5
		Maçã	< 0,1	19,1±1,8	< 0,9
		Carne (Porco)	< 0,2	125,1±9,4	< 1,4

Tabela 45- Medidas de radioatividade ($\text{Bq kg}^{-1} \pm 2\sigma$ peso fresco) em produtos importados

Data de colheita	Proveniência	Produto	^{137}Cs	^{40}K	^7Be
Janeiro	Brasil	Moela Frango Refª 1/02	< 0,1	< 1,9	< 1,0
	Brasil	Moela Frango Refª 2/02	< 0,1	67,7±5,4	< 1,0
	Brasil	Moela Frango Refª 24	< 0,1	68,1±1,9	< 1,0
Fevereiro	Nova Zelândia	Carne Bovino Refª 33	< 0,2	98,7±3,0	< 1,5
Março	Uruguai	Carne Bovino Refª 58	0,4±0,1	111,0±8,5	< 1,7

Tabela 46- Medidas de radioatividade ($\text{Bq kg}^{-1} \pm 2\sigma$, peso fresco) em refeições completas adquiridas no refeitório do ITN

Data de colheita	Composição da refeição	^{137}Cs	^{40}K	^7Be
Março	Sopa de legumes, arroz de peixe, pão, pera	< 0,2	41,8±4,7	< 1,3
Junho	Sopa de legumes, massa com carne e ervilhas, pão, maçã	< 0,2	50,8±5,2	< 1,4
Setembro	Sopa de legumes, ensopado de lulas com batatas, pão, maçã	< 0,2	54,4±5,3	< 1,3
Dezembro	Sopa de legumes, rancho (couve lombarda, grão, cenoura, massa e carne de porco) pão, maçã	< 0,1	49,8±4,8	< 1,2

Tabela 47- Medidas de radioactividade (Bq L⁻¹) em leite proveniente de várias regiões de Portugal Continental e dos Açores.

Data de colheita	Região	Tipo	¹³⁷Cs	⁹⁰Sr	⁴⁰K
Janeiro	Beira Litoral (Tocha - Cantanhede)	Vaca	< 0,1	0,074 ± 0,022	56±6
Fevereiro	Ribatejo e Oeste (Águas de Moura)	Vaca	< 0,2	< 0,068	55±6
Março	(*) Portugal	Vaca	< 0,2	< 0,068	44±5
Abril	Beira Litoral (Tocha - Cantanhede)	Vaca	< 0,1	0,072±0,026	51±2
Abril	Açores - São Miguel (Ponta Delgada)	Vaca	< 0,1	0,129± 0,026	47±2
Maió	Ribatejo e Oeste (São Domingos Rana)	Vaca	< 0,2	< 0,068	54±5
Junho	Ribatejo e Oeste (São Domingos Rana)	Vaca	< 0,2	< 0,068	49±5
Julho	Beira Litoral (Tocha - Cantanhede)	Vaca	< 0,1	< 0,068	51±5
Agosto	Ribatejo e Oeste (Águas de Moura)	Vaca	< 0,1	< 0,068	60±6
Setembro	Alentejo (Portalegre)	Vaca	< 0,1	< 0,068	48±2
Outubro	Beira Litoral (Tocha - Cantanhede)	Vaca	< 0,1	< 0,068	58±5
Novembro	Entre Douro e Minho (Vila do Conde)	Vaca	< 0,2	< 0,068	58±5
Dezembro	Açores - São Miguel (Ponta Delgada)	Vaca	0,18±0,04	< 0,068	50±2
Dezembro	Açores - São Miguel (Ponta Delgada)	Vaca	< 0,2	0,076±0,027	59±5

(*) Região não identificada na embalagem

(a) Perda da amostra durante a análise

Tabela 48- Medidas de radioactividade (Bq L⁻¹) em leite proveniente da região de V. Velha de Ródão.

Data de colheita	Tipo	¹³⁷Cs	⁹⁰Sr	⁴⁰K
Janeiro	(a)	(a)	(a)	(a)
Fevereiro	Ovelha	< 0,2	2,90 ± 0,10	37±4
Março	Ovelha com coagulante	< 0,1	0,395 ± 0,033	32±2
Abril	Ovelha	(b)	2,20 ± 0,06	(b)
Maiο	Ovelha	0,2±0,04	2,57 ± 0,08	28±2
Junho	(a)	(a)	(a)	(a)
Julho	Vaca	< 0,2	0,239 ± 0,076	67±6
Agosto	Vaca	< 0,1	0,160 ± 0,027	45±3
Setembro	Vaca	< 0,2	0,341 ± 0,037	49±5
Outubro	Vaca	< 0,1	0,231 ± 0,029	64±2
Novembro	Vaca	< 0,1	0,142 ± 0,041	50±2
Dezembro	Vaca	< 0,1	0,078 ± 0,064	49±2

(a)- não houve recolha de amostra

(b)- perda do ficheiro com o resultado da análise

Tabela 49- Medidas de radioactividade (Bq L⁻¹) em leite proveniente de regiões uraníferas (concelhos de Mangualde e Sabugal).

Data de colheita	Proveniência	Tipo	¹³⁷Cs	⁹⁰Sr	⁴⁰K
Maio	Cunha Baixa	Ovelha	< 0,2	0,581 ± 0,033	53±2
Maio	Póvoa de Espinho	Ovelha e Cabra	< 0,1	0,196 ± 0,034	41±1
Agosto	Bica	Vaca	< 0,1	0,147 ± 0,039	43±2
Agosto	Caldeirinhas	Ovelha e Cabra	0,15±0,04	0,610 ± 0,046	46±2
Agosto	Quarta Feira	Cabra	< 0,2	0,974 ± 0,068	48±5
Agosto	Rosmaneira	Ovelha e Cabra	0,79±0,19	0,792 ± 0,041	46±5

Tabela 50- Medidas de radioactividade ($\text{Bq kg}^{-1} \pm 2\sigma$) em solos provenientes de Trás-os-Montes, Beira Alta, Ribatejo e Alentejo

Local de Amostragem	Tipo de Solo	^{235}U	^{234}Th	^{228}Ra	^{226}Ra	^{210}Pb	^{137}Cs	^{40}K	^7Be
Barca d' Alva (Trás-os-Montes)	Orgânico	4,4±1,5	< 51	84,0±7,5	28,4±2,9	402±118	< 1,3	1043±94	< 18
	Mineral	4,4±1,2	< 48	61,1±5,4	23,5±2,3	452±113	2,6±0,9	830±75	< 15
Póvoa de Mosquiteiros (Beira Alta)	Orgânico	22,9±1,5	180±11	121±2	132±2	513±135	3,7±0,2	1008±33	< 10
	Mineral	< 1,4	37,0±6,9	39,2±0,8	36,2±0,8	< 532	6,2±0,3	398±15	< 10
Valada (Ribatejo)	Orgânico	3,7±1,0	60,6±17,8	33,9±3,2	22,6±2,4	< 130	5,3±1,3	615±58	< 13
	Mineral	5,7±0,3	47,7±6,5	43,4±0,7	40,3±0,7	300±71	3,1±0,3	956±20	< 5
Mourão (Alentejo)	Orgânico	3,3±0,3	38,4±3,9	60,6±0,8	22,7±0,5	< 353	7,5±0,4	568±14	< 5
	Mineral	1,4±0,7	< 28	25,7±2,4	12,7±1,3	< 94	< 0,9	484±45	< 5

FIGURAS



Figura 1- Locais de amostragem de aerossóis (Δ) e água da chuva (☆).



Figura 2- Locais de amostragem nas principais Bacias Hidrográficas (Δ-águas, sedimentos, peixes e plantas aquáticas) na Costa Atlântica e nos Estuários do Tejo e Sado (☆ - algas e mexilhões).



Figura 3- Locais de amostragem de águas para consumo humano recolhidas em várias regiões do país.



Figura 4- Locais de amostragem de águas para consumo humano recolhidas em regiões uraníferas.



Figura 5- Locais de amostragem de produtos alimentares adquiridos directamente ao produtor (Δ), adquiridos no supermercado (\star), refeições completas (\square), leite (\circ) e solos ($+$).

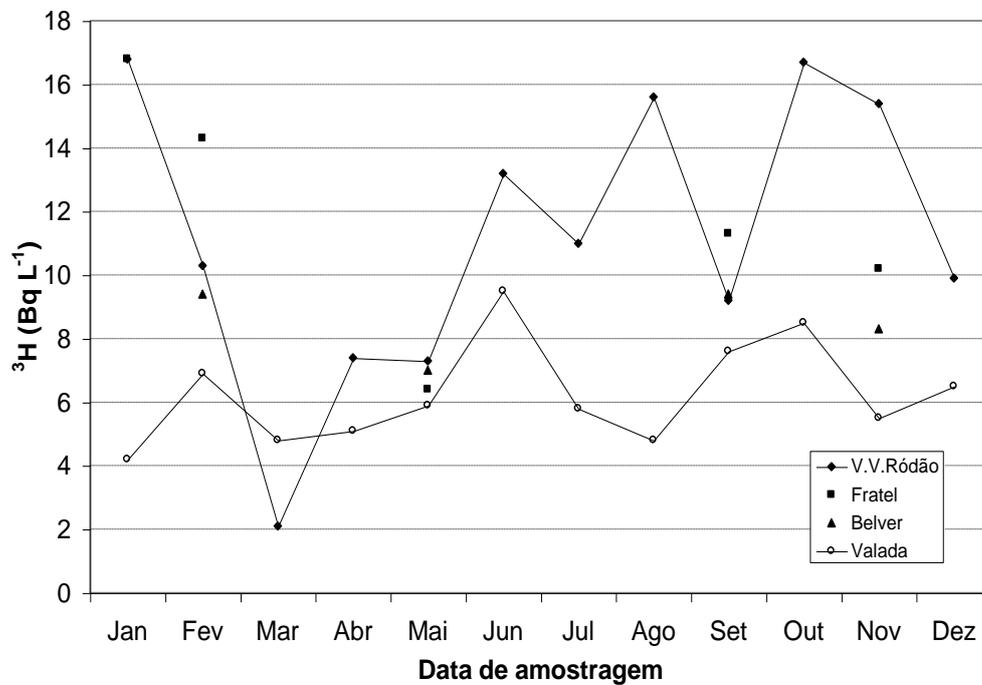


Figura 6- Variação da concentração em ^3H (Bq L⁻¹) no rio Tejo, durante o ano de 2002.

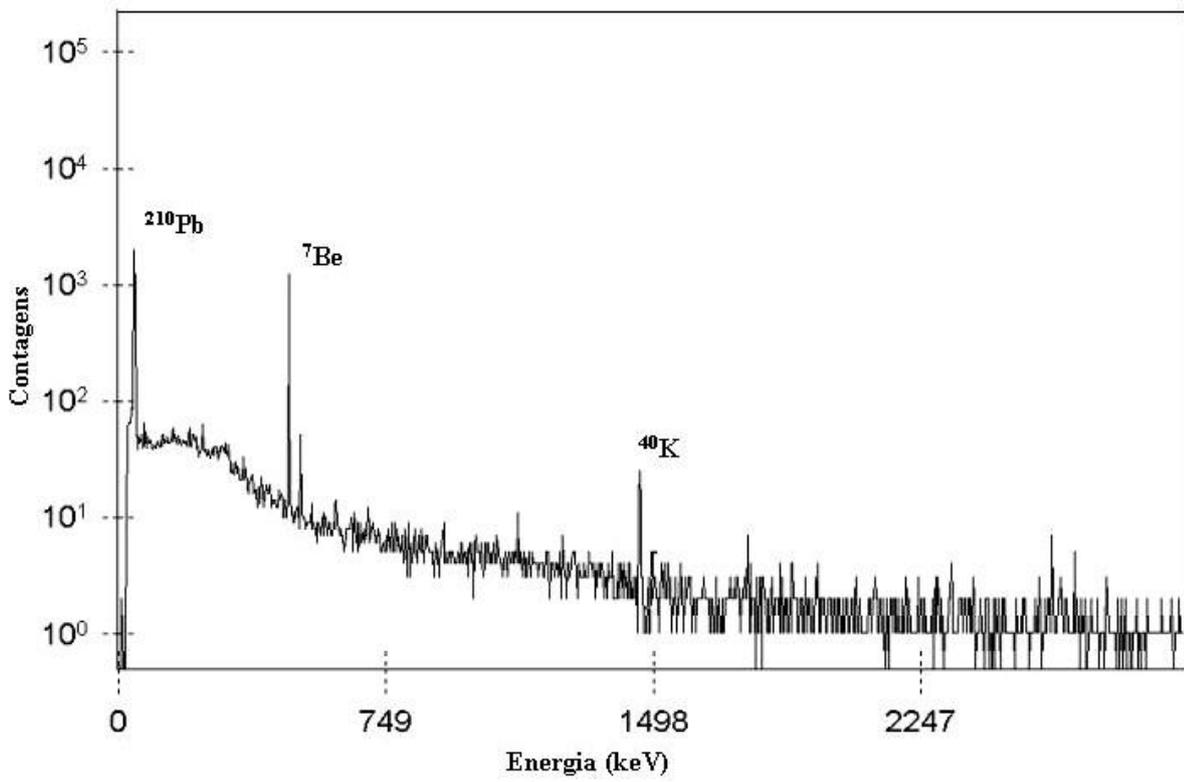


Figura 7- Espectro gama de uma amostra de aerosol

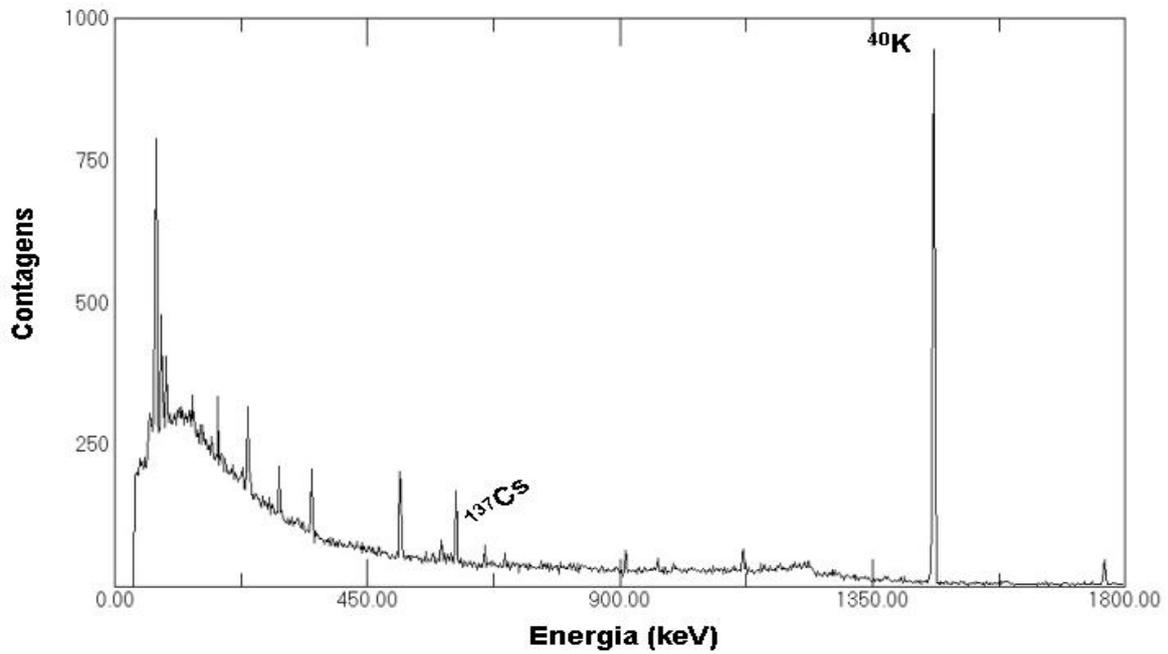


Figura 8- Espectro gama de uma amostra de produto alimentar (carne)

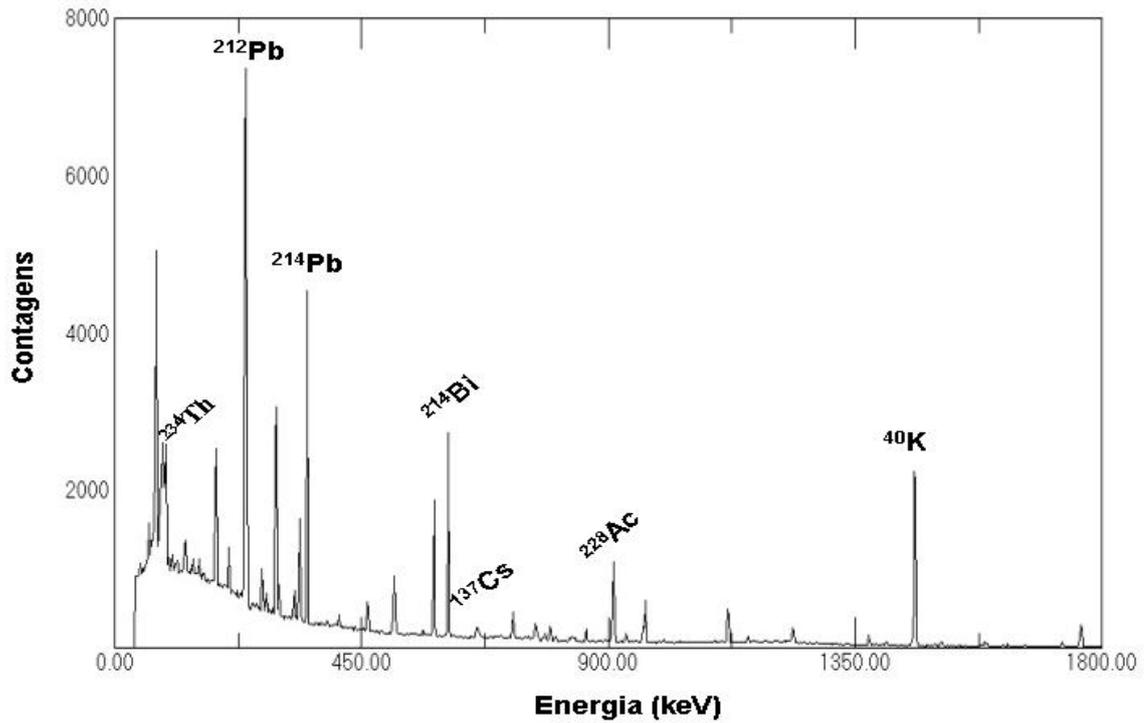


Figura 9- Espectro gama de uma amostra de solo

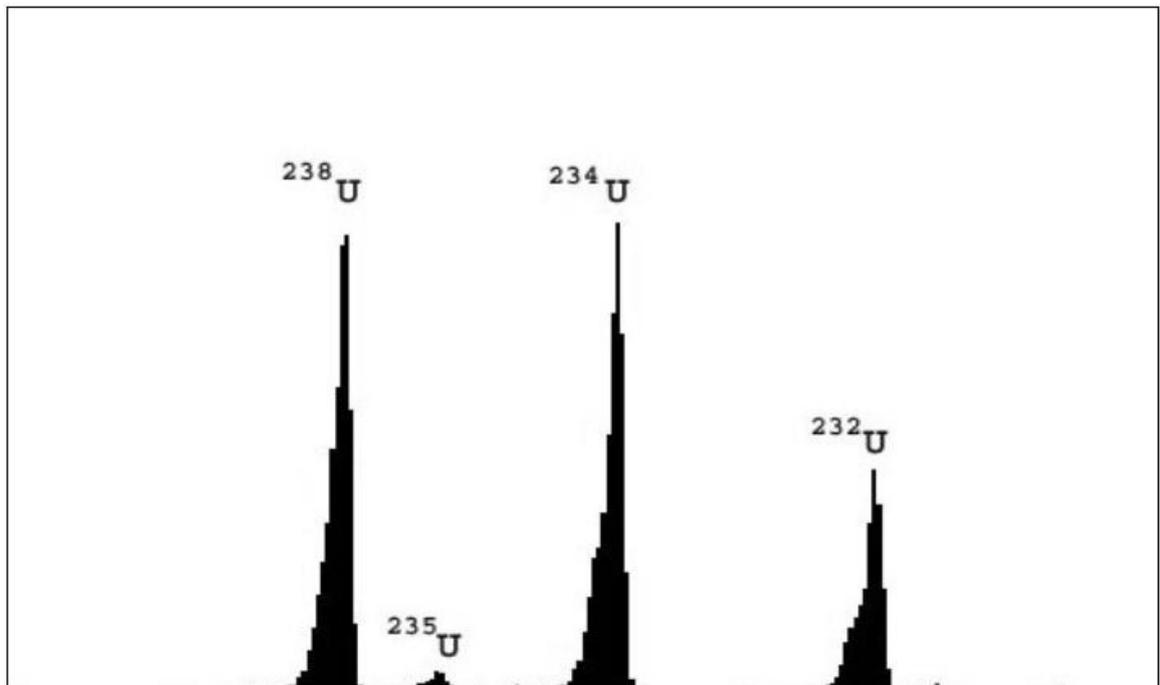


Figura 10- Espectro alfa de uma amostra de água para consumo humano. O ^{232}U é adicionado à amostra para servir de traçador isotópico.



Figura 11- Estação de amostragem de aerossóis localizado no *campus* de Sacavém do ITN



Figura 12- Dispositivo de amostragem de água da chuva localizado no *campus* de Sacavém do ITN



Figura 13- Preparação de amostras de alimentos para medida por espectrometria gama



Figura 14- Sala de detectores de GeHp usados para espectrometria gama



Figura 15- Sala de sistemas de contagem beta de baixo fundo e de espectrômetros de cintilação líquida



Figura 16- Laboratório para determinação de trítio em águas

ANEXO

Determinação dos Níveis de Registo

Os Níveis de Registo (Reporting Levels) são calculados na base de um μSv (1 milésimo do limite de dose anual para o público- 1mSv), considerando este valor como não tendo significado radiológico. Embora este cálculo se baseie na dose de referência anual é necessário realçar que os Níveis de Registo apenas servem como instrumento de referência para os relatórios internacionais não devendo ser confundidos com os níveis máximos permitidos de contaminação radioactiva.

Os Níveis de Registo foram calculados usando a fórmula abaixo indicada, considerando os valores dos coeficientes de dose efectiva para membros do público para os diferentes radionuclidos, e o consumo anual por pessoa referidos no Environmental Radioactivity in the European Community (1995).

$$RL = \frac{DL}{RF.EDC.CF}$$

onde: RL = Nível de Registo

DL = limite de dose anual, 1mSv

RF = factor de redução do limite de dose (1000)

EDC = coeficiente de dose efectiva em Sv Bq⁻¹

CF = consumo anual por pessoa

1. Ar

RL para o ¹³⁷Cs:

$$RL = \frac{1 \times 10^{-3} \text{ Sv}}{1000 \cdot 4,6 \times 10^{-9} \text{ Sv Bq}^{-1} \cdot 8030 \text{ m}^3} = 0,027 \text{ Bq m}^{-3}$$

2. Águas de Superfície

RL para o ¹³⁷Cs:

$$RL = \frac{1 \times 10^{-3} \text{ Sv}}{1000 \cdot 1,3 \times 10^{-8} \text{ Sv Bq}^{-1} \cdot 60 \text{ L}} = 1,3 \text{ Bq L}^{-1}$$

RL para o ⁹⁰Sr:

$$RL = \frac{1 \times 10^{-3} \text{ Sv}}{1000 \cdot 2,8 \times 10^{-8} \text{ Sv Bq}^{-1} \cdot 60 \text{ L}} = 0,6 \text{ Bq L}^{-1}$$

Considerou-se 10% (60 litros) do consumo anual de água para consumo humano (600 litros)

3. Águas para Consumo Humano

RL para o ³H:

$$RL = \frac{1 \times 10^{-3} \text{ Sv}}{1000.1,8 \times 10^{-11} \text{ SvBq}^{-1} \cdot 600L} = 93 \text{ BqL}^{-1}$$

RL para o ¹³⁷Cs:

$$RL = \frac{1 \times 10^{-3} \text{ Sv}}{1000.1,3 \times 10^{-8} \text{ SvBq}^{-1} \cdot 600L} = 0,13 \text{ BqL}^{-1}$$

RL para o ⁹⁰Sr:

$$RL = \frac{1 \times 10^{-3} \text{ Sv}}{1000.2,8 \times 10^{-8} \text{ SvBq}^{-1} \cdot 600L} = 0,06 \text{ BqL}^{-1}$$

4. Leite

RL para o ¹³⁷Cs:

$$RL = \frac{1 \times 10^{-3} \text{ Sv}}{1000.1,3 \times 10^{-8} \text{ SvBq}^{-1} \cdot 200L} = 0,40 \text{ BqL}^{-1}$$

RL para o ⁹⁰Sr:

$$RL = \frac{1 \times 10^{-3} \text{ Sv}}{1000.2,8 \times 10^{-8} \text{ SvBq}^{-1} \cdot 200L} = 0,18 \text{ BqL}^{-1}$$

5. Dieta Mista

RL para o ¹³⁷Cs:

$$RL = \frac{1 \times 10^{-3} \text{ Sv}}{1000.1,3 \times 10^{-8} \text{ SvBq}^{-1} \cdot 365d} = 0,20 \text{ Bqd}^{-1} p^{-1}$$

RL para o ⁹⁰Sr:

$$RL = \frac{1 \times 10^{-3} \text{ Sv}}{1000.2,8 \times 10^{-8} \text{ SvBq}^{-1} \cdot 365d} = 0,10 \text{ Bqd}^{-1} p^{-1}$$