

**DETERMINAÇÃO DA RADIOACTIVIDADE DE FUNDO EM PLANTAS  
EMERGENTES E HIDRÓFITOS DO RIO TEJO**

**QUANTIFYING THE RADIOACTIVE BACKGROUND IN EMERGENT PLANTS  
AND HYDROPHYTES FROM TEJO RIVER**

Corisco, J.A., Santos, M., Reis, M., Madruga, M.J.

Centro de Ciências e Tecnologias Nucleares (C2TN), Instituto  
Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal;

[corisco@ctn.tecnico.ulisboa.pt](mailto:corisco@ctn.tecnico.ulisboa.pt)

## INTRODUÇÃO

As plantas acumulam internamente elementos e complexos metálicos biodisponíveis no ambiente, através dos seus mecanismos intrínsecos de nutrição mineral.



Monumento Natural\* das Portas de Ródão (rio Tejo) visto a montante

\*Decreto Regulamentar n.º 7/2009, de 20 de maio

Na bacia do rio Tejo, as plantas emergentes (enraizadas na margem, semi-submersas) e hidrófitos (submersos com ou sem raiz; flutuantes), serão os bioindicadores naturais de agentes potencialmente poluentes, nomeadamente radioisótopos naturais e artificiais.

## OBJECTIVOS

- Utilizar plantas residentes nas margens e águas do rio Tejo como bioindicadores dos radionuclidos naturais\* e artificiais\*\* que no tempo presente constituem o fundo radioactivo do ecossistema.
- Obter uma imagem de diversidade analisando espécies que sejam distintas taxonómica e ecologicamente.
- Confirmar a possibilidade da obtenção de actividades mensuráveis de uma forma consistente, recorrendo a análise por espectrometria gama.

\*Radionuclidos das famílias naturais de urânio e tório.

\*\* fall-out post testes nucleares na atmosfera durante a Guerra Fria, acidentes nucleares, influência próxima da central nuclear de Almaraz.

**Locais de amostragem no rio Tejo em Vila Velha de Ródão e Belver  
(Plano Nacional de Monitorização Radiológica Ambiental, IST-LPSR)**

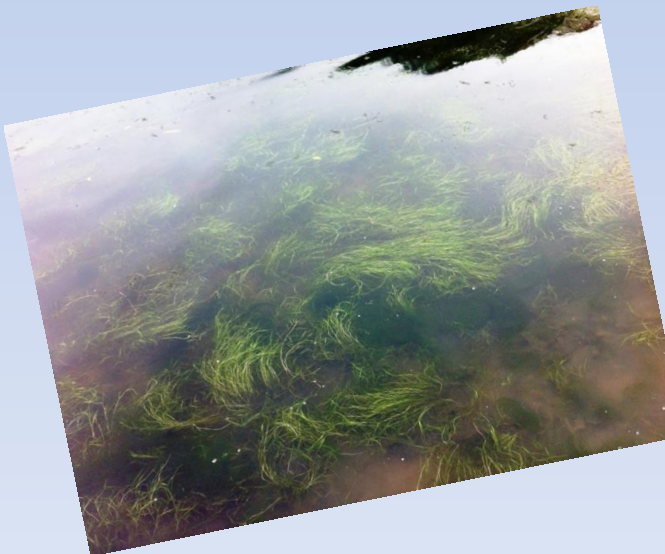




*Cyperus eragrostis* (junção\*)

\*<http://naturdata.com/Cyperus-eragrostis-5219.htm>

**Planta emergente, normalmente semi-submersa no local de colheita. Presente todo o ano.**



*Potamogeton pectinatus* (limo mestre\*)

\*[http://jb.utad.pt/especie/potamogeton\\_pectinatus](http://jb.utad.pt/especie/potamogeton_pectinatus)

**Hidrófito submerso fixo por rizomas ao substrato. Ocasionalmente o nível das águas é demasiado elevado impossibilitando a colheita. Presente todo o ano.**

## Plantas do rio Tejo em Belver

*Myriophyllum spicatum*  
(pinheirinha-da-água\*)



\*[http://jb.utad.pt/especie/myriophyllum\\_spicatum](http://jb.utad.pt/especie/myriophyllum_spicatum)

**Hidrófito submerso enraizado. Foi possível fazer uma colheita ocasional quando o nível das águas estava excepcionalmente baixo.**



*Ceratophyllum demersum*



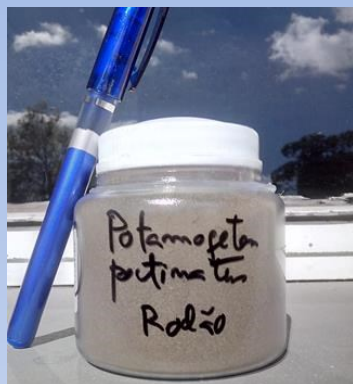
**Hidrófito submerso, sem raiz. Espécie perene. Ocasionalmente apareceram pequenos aglomerados junto à margem.**

## Processamento das amostras

- ❖ Lavagem em água corrente para remoção de impurezas (material sedimentar, pequenos invertebrados);
- ❖ Lavagem em água destilada;
- ❖ Separação de raízes/rizomas e talos/partes aéreas;
- ❖ Fragmentação das estruturas vegetais com utensílios de corte;
- ❖ Secagem em estufa a 60°C;
- ❖ Acondicionamento e pesagem do material seco em frascos de polipropileno;
- ❖ Selagem dos frascos de polipropileno com cola de PVC para impedir a fuga de  $^{222}\text{Rn}$ ;
- ❖ Aguardar 10 períodos (~38 dias) de semidesintegração do  $^{222}\text{Rn}$  para que se gere equilíbrio com os seus descendentes;

## Espectrometria gama

Amostra seca acondicionada



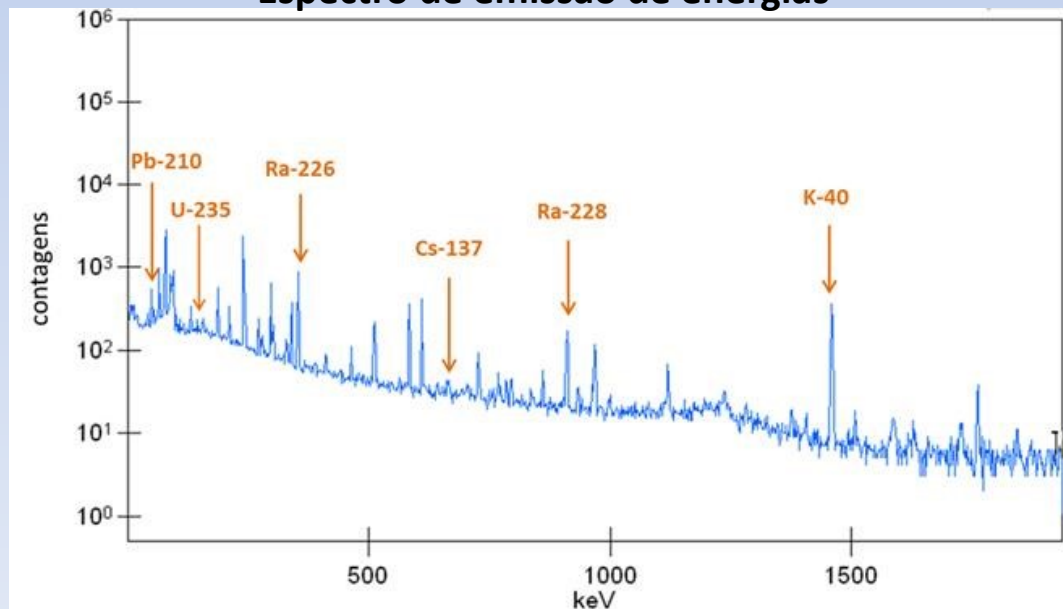
Análise durante 24 horas num detector HPGe.



Radionuclidos de interesse

Radionuclido	Energia (keV)
K-40	1460,82
Cs-137	661,66
Pb-210	46,50
Ra-226	295,22 (Pb-214)
	351,92 (Pb-214)
	609,31 (Bi-214)
Ra-228	338,32 (Ac-228)
	911,20 (Ac-228)
	968,96 (Pb-212)
U-235	143,77

Espectro de emissão de energias





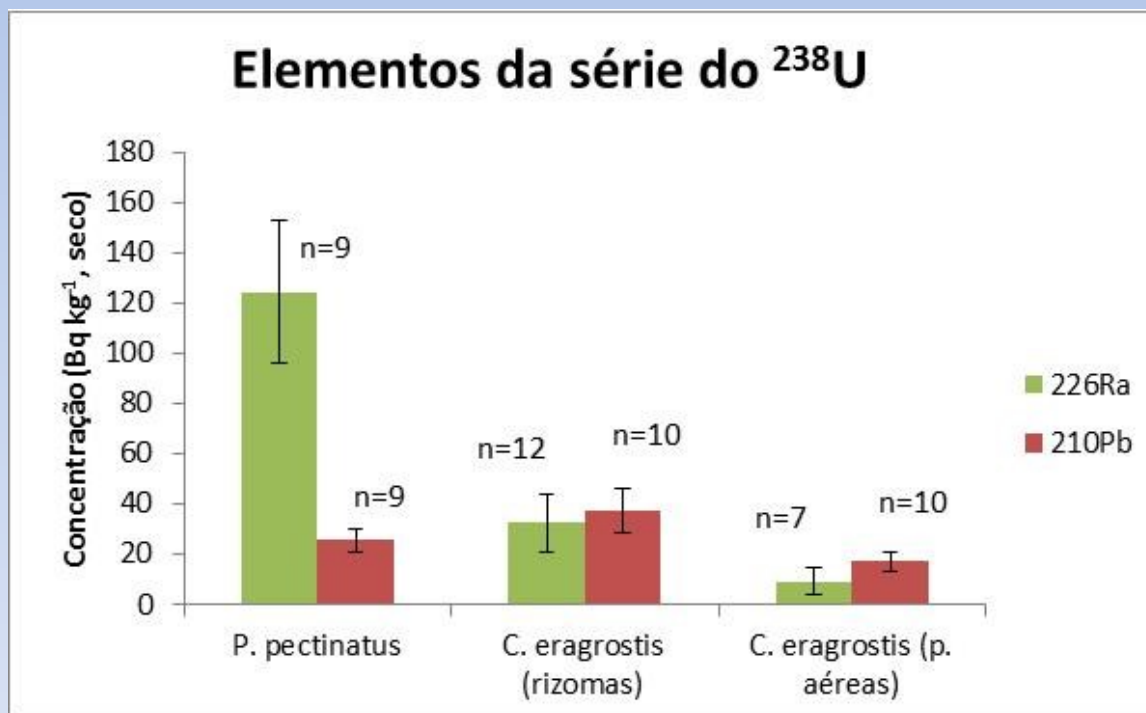
Intervalos de valores de concentração (Bq kg<sup>-1</sup> seco) de radionuclídeos naturais e de <sup>137</sup>Cs detectados em plantas colhidas no rio Tejo entre Outubro de 2013 e Dezembro de 2014.

Local	Espécie	235U	228Ra	226Ra	210Pb	137Cs	40K	
V.V. Rodão	<i>Cyperus eragrostis</i> (emergente)	Rizoma	3,9 – 18,2	16,4 – 139	13,2 – 89,3	20,6 – 40,0	0,88 – 1,32	170 – 669
			nd=6	nd=11	nd=12	nd=10	nd=2	nd=12
	nc=12	Partes aéreas	-	4,1 – 21,4	3,3 – 24,7	7,5 – 24	-	567 – 1520
				nd=9	nd=7	nd=10		nd=12
	<i>Potamogeton pectinatus</i> (submerso)	4,6	25,1 – 111,0	64,6 – 197,3	13,8 – 37,6	1,13 – 1,65	292 – 2215	
	nc=9		nd=9	nd= 9	nd= 9	nd=2	nd= 9	
Belver	<i>Cerattophyllum demersum</i> (submerso)	-	10,6 – 13,3	19,7 – 128,2	13,8	-	453 – 1302	
		nc= 2		nd= 2	nd= 2			nd= 2
	<i>Myriophyllum spicatum</i> (submerso)	Rizoma	-	23,1	27,0	23,3	2,23	972
		nc= 1	Talos flut.	5,9	42,8	54,2	25,8	1,45

nc: número de colheitas mensais efectuadas; nd= número de amostras (≥ 2) em que o radionuclídeo foi detectado.

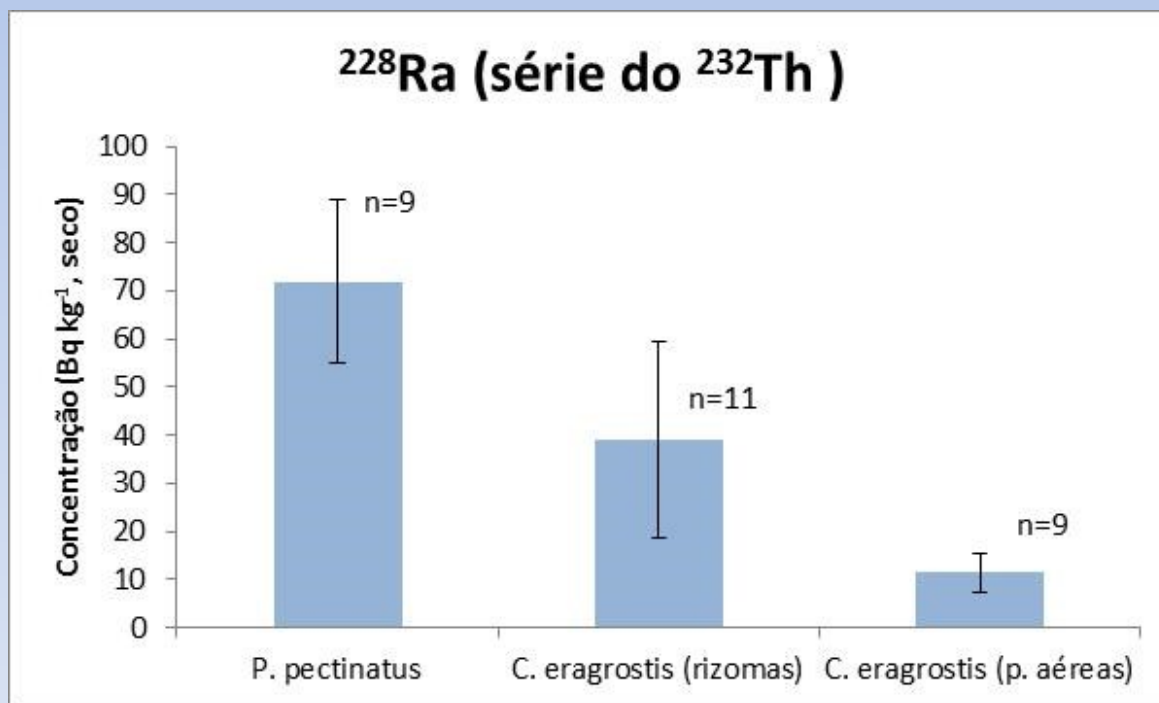
## Valores médios de concentração nas plantas de V. V. Ródão durante o período de Outubro 2013 a Dezembro 2014

As barras de erro representam o intervalo de confiança de 95%;  
n = número de amostras analisadas com actividade acima do mínimo detectável



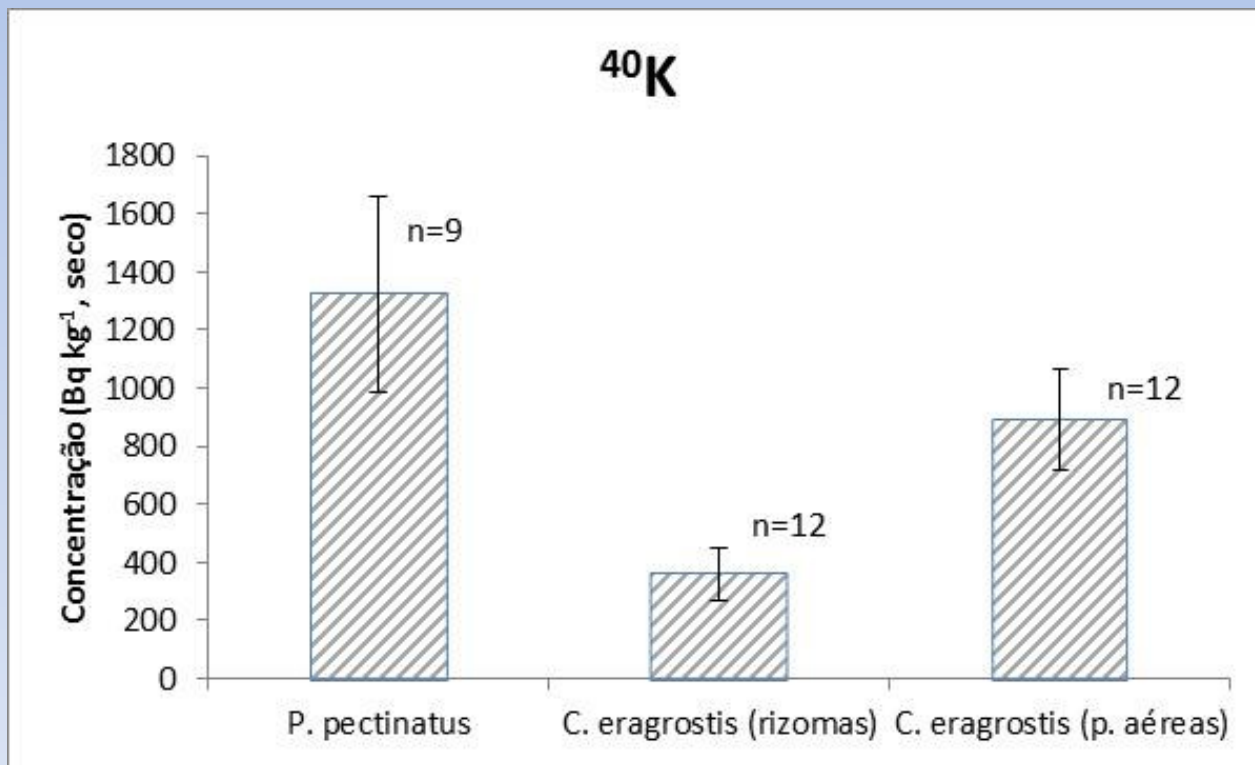
## Valores médios de concentração nas plantas de V. V. Ródão durante o período de Outubro 2013 a Dezembro 2014

As barras de erro representam o intervalo de confiança de 95%;  
n = número de amostras analisadas com actividade acima do mínimo detectável



## Valores médios de concentração nas plantas de V. V. Ródão durante o período de Outubro 2013 a Dezembro 2014

As barras de erro representam o intervalo de confiança de 95%;  
 n = número de amostras analisadas com actividade acima do mínimo detectável





## CONCLUSÕES

A planta emergente *Cyperus eragrostis* tem as maiores concentrações de radionuclidos naturais nos rizomas , exceptuando o  $^{40}\text{K}$  que é mais elevado nas partes verdes.



$^{40}\text{K}$ :  $890 \pm 174 \text{ Bq g}^{-1} \text{ seco}$

$^{226}\text{Ra}$ :  $32,5 \pm 11,8 \text{ Bq g}^{-1} \text{ seco}$

$^{228}\text{Ra}$ :  $39,2 \pm 20,4 \text{ Bq g}^{-1} \text{ seco}$

$^{210}\text{Pb}$ :  $34,7 \pm 9,16 \text{ Bq g}^{-1} \text{ seco}$

Uma menor concentração de  $^{210}\text{Pb}$  nas partes verdes ( $17,2 \pm 3,76 \text{ Bq g}^{-1} \text{ seco}$ ) pode representar uma resposta da planta à toxicidade do metal, reduzindo para níveis toleráveis a acumulação interna.

Elevada acumulação interna de  $^{40}\text{K}$  nas partes verdes, é consistente com os requisitos fisiológicos da generalidade das plantas para este elemento.

O hidrófito submerso *Potamogeton pectinatus* tem as maiores concentrações de rádio. As concentrações de  $^{210}\text{Pb}$  são de magnitude idêntica (teste Tukey) às que se medem nas raízes e partes aéreas de *C. eragrostis*.



$^{226}\text{Ra}$ :  $124 \pm 28,3 \text{ Bq g}^{-1} \text{ seco}$

$^{228}\text{Ra}$ :  $71,9 \pm 16,9 \text{ Bq g}^{-1} \text{ seco}$

Médias significativamente diferentes  
(Anova,  $\alpha = 0,05$ )

Na biomonitorização de  $^{210}\text{Pb}$  há equivalência entre hidrófitos e plantas emergentes. Os melhores indicadores de  $^{226,228}\text{Ra}$  serão os hidrófitos.

OBRIGADO PELA ATENÇÃO