

Alphonse Kelecom*, Pedro Lopes dos Santos, Rita de Cássia S. Gouvea, Iedo Ramos Dutra e Paulo Cesar Ayres Fevereiro
Departamento de Biologia Geral - Universidade Federal Fluminense - CP 100 436 - 24001-970 - Niterói - RJ

Recebido em 1/7/98; aceito em 17/12/98

HIGH LEVELS OF POLONIUM-210 IN AQUATIC PLANTS OF THE CARAPEBUS RESTINGA (RJ). ^{210}Po concentrations have been determined in one green alga and in five freshwater plants grown in a pond of the Carapebus restinga (State of Rio de Janeiro). The alga *Chara sp* showed elevated concentration of ^{210}Po , similar to that observed for marine algae. All the other plants had the lowest concentration of ^{210}Po in the stems and the highest in the roots. Intermediate values were observed in the leaves. The unexpected high concentration of ^{210}Po in the roots, even superior to reported values for roots of plants from high radioactive background areas, must be due to the elevated levels of this radionuclide in associated soils that are known to be rich in humic organic material. There seem to have been no translocation of this radionuclide from the roots to the other parts of the plants.

Keywords: ^{210}Po ; bioconcentration; aquatic plants.

INTRODUÇÃO

As restingas se formaram ao longo da costa brasileira durante o holoceno, em consequência de seguidas transgressões e regressões marinhas. Elas se caracterizam por extensas planícies sedimentares arenosas, cortadas por cordões litorâneos de areia que isolam lagoas, lagoas, charcos e brejos. Essa grande diversidade de condições físicas gera uma pluralidade de habitats, os quais abrigam comunidades vegetais muito variadas. Isto confere às restingas estruturas complexas e de equilíbrio muito frágil^{1,2}. Existem numerosos trabalhos que abordam aspectos geomorfológicos, limnológicos, botânicos e ecológicos de restingas brasileiras e, particularmente, daquelas do Estado do Rio de Janeiro²⁻⁴. A Restinga de Carapebus situada no Norte Fluminense é, no entanto, menos conhecida. Ela apresenta uma rica vegetação bem preservada, com ocorrência de espécies endêmicas e em extinção. Este ambiente sofreu, até aqui, poucos danos devidos à ação antrópica, o que o torna ideal para estudos radioecológicos.

Como parte integrante dos nossos trabalhos sobre radioatividade ambiental e visando um melhor conhecimento das comunidades vegetais de restinga, determinamos a concentração de polônio-210 (^{210}Po) em plantas aquáticas encontradas numa pequena lagoa desta restinga.

O ^{210}Po é o último nuclídeo radioativo da família do urânio-238. Sua presença na biosfera desperta grande interesse, não só pela facilidade de bioacumulação em uma larga variedade de espécies vegetais e animais, como também, pela sua alta energia transferida através da partícula *alfa* que emite ($E=5,4$ MeV). O ^{210}Po , presente na atmosfera, deriva do gás radônio emanado de rochas contendo urânio (e seus descendentes); ele se encontra principalmente associado a partículas de Aitken formando aerossóis. Por deposição gravimétrica (deposição seca) ou arrastados pela chuva ou pela neve (deposição úmida), esses aerossóis atingem o solo, as plantas e o meio aquático⁵. As plantas podem absorver o polônio do solo via raiz, mas seu transporte para outras partes do vegetal é praticamente nulo⁶. A contaminação maior das plantas ocorre, no entanto, nas folhas sobretudo nas pubescentes, por deposição seca e

menos intensamente por deposição úmida. No meio aquático o ^{210}Po é acumulado diretamente da água⁷, como acontece com as algas marinhas.

A ocorrência de ^{210}Po tanto na fauna quanto nas floras terrestre e marinha vem sendo estudada há pelo menos vinte e cinco anos^{5,8}. Apesar disto, estudos com plantas aquáticas são raros e trabalhos enfocando especificamente a vegetação de restinga são inexistentes. Tais ecossistemas possuem uma flora rica e diversificada, bem adaptada às suas condições edáficas que a tornam muito peculiar e por isso mesmo de grande interesse para estudos de botânica em geral² e de radioecologia em particular.

MATERIAL E MÉTODOS

A Restinga de Carapebus está situada ao norte do Estado do Rio de Janeiro, a 250 km da capital, no Município de Carapebus (de 22° 15' até 22° 20' latitude S e de 41° 35' até 41° 45' longitude W), tendo sido formada pelo recuo do nível do mar durante o quaternário.

Os vegetais foram coletados na Lagoa dita do "Blau-Blau" e parcialmente secos ao ar livre, à sombra, sendo transportados em sacos de plástico para o laboratório, onde foram separadas as principais partes das plantas: raiz, caule e folhas. O substrato associado foi separado das raízes para análise em separado.

As plantas foram identificadas por um de nós (PCAF) como sendo: *Chara sp* (Chlorophyceae), *Ceratopteris thalictroides* (L.) Brongn. (Parkeriaceae), *Hedyotis thessifolia* St.-Hil. (Rubiaceae), *Nymphaea ampla* (Salisbury) DC. (Nymphaeaceae), *Nymphoides humboldtianum* (H.B.K.) O.Kunt (Menyanthaceae) e uma espécie não identificada de Cyperaceae. Diversas excisatas de cada planta foram depositadas no herbário do Setor de Botânica da Universidade Federal Fluminense sob os números 148, e 364 (*C. thalictroides*), 71 e 157 (*H. thessifolia*), 398 e 497 (*N. ampla*) e 69, 155 e 511 (*N. humboldtianum*).

Todas as amostras foram secas em estufa sob temperatura entre 80-100°C e mineralizadas pela ação de uma mistura de HNO_3 concentrado (12 ml) e HClO_4 (1ml), à temperatura de 100°C, durante 10-15h. O resíduo mineral foi então aquecido em HCl 12 mol/l, a fim de produzir cloretos.

A eletrodeposição do ^{210}Po em discos de aço inoxidável foi feita de acordo com a técnica já otimizada no nosso laboratório⁹.

e-mail: egbakel@vm.uff.br

O resíduo úmido foi, então, tratado com 100 ml de HCl 0,5 mol/l e 250 mg de ácido L-ascórbico, à temperatura de 80°C, sob agitação constante durante 2,5h. A seguir, os discos foram lavados com água destilada, secos e submetidos à radiometria alfa usando-se um cintilador de ZnS(Ag). O mesmo procedimento foi aplicado ao substrato. Para o cálculo das concentrações de ^{210}Po levou-se em consideração o rendimento radioquímico (98%), a eficiência radiométrica (31,4%), o equivalente de conversão d.p.h./mBq e o tempo decorrido desde o dia da coleta⁹. O desvio radiométrico das medições é da ordem de 5 a 25%. Os resultados são expressos em mBq/g de peso seco.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados contidos na Tabela 1 mostram que a distribuição do ^{210}Po acumulado pelas espécies vegetais estudadas é análoga àquela que se observa nas plantas superiores terrestres, nas quais o caule apresenta a menor concentração do radionuclídeo⁶. No entanto, as concentrações radioativas das raízes e das folhas das plantas aquáticas são inversas daquelas detectadas nos espécimes terrestres, nos quais as folhas acumulam mais o polônio¹⁰. A Cyperacea ilustra bem esta situação.

Tabela 1. Concentração radioativa (em mBq/g) de polônio-210 em plantas aquáticas de água doce da lagoa do "Blau-Blau", Restinga de Carapebus, Município de Carapebus, RJ, Brasil.

planta/estrutura	^{210}Po (mBq/g)
<i>Ceratopteris thalictroides</i>	
folha	95,40
raiz	116,54
substrato	121,44
<i>Chara sp</i>	
talo+apressório	129,91
Cyperacea	
colmo	15,19
folha	25,40
raiz	124,83
substrato	158,60
<i>Hedyotis thessifolia</i>	
caule	16,30
folha	41,14
raiz	41,32
substrato	59,96
<i>Nymphaea ampla</i>	
caule	19,06
folha	30,67
raiz	58,06
substrato	123,47
<i>Nymphoides humboldtianum</i>	
caule	29,65
folha	25,03
raiz	71,19
substrato	161,19

O fato das raízes apresentarem valores surpreendentemente elevados pode ser atribuído ao contato direto com o substrato, o qual possui maior concentração de polônio comparado à concentração existente nos solos terrestres, mesmo naqueles onde o "fallout" natural é alto¹⁰. Nas proximidades da mina de urânio do Complexo Industrial de Poços de Caldas (CIPC), por exemplo, os valores médios das concentrações de polônio-210 no solo foram de 68,00 mBq/g¹¹, enquanto que os substratos associados aos vegetais aquáticos chegam a concentrações de

^{210}Po maiores que o dobro (Tabela 1). Já o substrato de *H. thessifolia* possui uma concentração de ^{210}Po bem mais baixa (~60 mBq/g) e isto se reflete no teor de ^{210}Po na raiz (41,32 mBq/g), mostrando uma nítida relação entre a concentração de ^{210}Po nas raízes e nos solos associados. Presume-se que a alta radioatividade dos substratos seja decorrente da grande quantidade de matéria orgânica em decomposição (humus, turfa), normalmente presente nos brejos e nas lagoas de restingas¹ e provavelmente rica em sulfetos, o que facilita o acúmulo de polônio nos mesmos. Essa natureza do substrato contribui para a retenção de metais pesados¹².

A acumulação de ^{210}Po pela espécie *C. thalictroides* é superior à acumulação das demais plantas superiores aqui analisadas, tanto nas raízes como nas folhas. Este vegetal também suplanta a radioatividade de plantas terrestres, inclusive aquelas oriundas de regiões de alto nível de radioatividade, como no CIPC : a concentração de ^{210}Po na raiz de *C. thalictroides* é 22 vezes mais alta do que para raiz ou tubérculo de plantas do CIPC e a concentração em folhas de *C. thalictroides* 7 vezes mais alta do que para folhas de beterraba do CIPC¹².

A alga *Chara sp* apresentou altas concentrações de ^{210}Po quando comparadas às das plantas superiores do mesmo ambiente. A concentração de ^{210}Po nesta alga se equipara, em valor absoluto, à das algas marinhas bentônicas, p.ex. *Plocamium brasiliensis* coletada em Ponta Negra, RJ (136,2 mBq/g)¹³. Porém, como a concentração do ^{210}Po disponível na água do mar¹⁴ é em média de 0,74 mBq/l e como a mesma na águas doces¹⁵, fora das regiões com anomalias radioativas, é inferior a 30 mBq/l, pode-se concluir que a alga marinha apresenta fator de concentração *c.a.* 40 vezes maior do que a alga da lagoa em questão.

Finalmente, o mecanismo que rege a distribuição do polônio nas diferentes partes das plantas aquáticas é semelhante ao que ocorre nas plantas terrestres no que concerne a absorção pela raiz, a qual retira o radionuclídeo direto do substrato, sem no entanto haver transporte do mesmo para as outras partes da planta, à semelhança do que foi descrito por Tso e Fisenne em *Nicotiana tabacum*⁶. A espécie *N. ampla* é um exemplo típico disto por possuir um alto teor de ^{210}Po na raiz, superior ao da folha e de acordo com o alto teor verificado no substrato associado, ao passo que o caule acumula pouco ^{210}Po . *N. humboldtianum* segue um padrão semelhante, embora com concentração de ^{210}Po ligeiramente mais alta no caule. Tudo indica que a acumulação deste radionuclídeo no caule e nas folhas seja análoga à que se observa nas algas marinhas e que ela ocorra diretamente através da interface água/vegetal.

A dosagem de chumbo-210 nestes vegetais aquáticos, bem como a de polônio-210 e chumbo-210 nas principais espécies terrestres desta restinga serão objeto de um próximo trabalho.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) pelo apoio, à Universidade Federal Fluminense pelo transporte mensal até Carapebus e pela compra de um espectrômetro-alfa e ao biólogo Marcelo Guerra Santos pela ajuda nas coletas. AK agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de uma bolsa de produtividade em pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Araújo, D. S. D. e Lacerda, L. D.; *Ciência Hoje* **1987**, *6*, 42.
2. Silva, J. G. da, *Tese de Doutorado*, Instituto de Biofísica, UFRJ, Rio de Janeiro, 1998.
3. Lacerda, L. D.; Araújo, D. S. D. e Maciel, N. C.; 1982, *Avulsos da UFRJ*, 55 pp. 471 referências.
4. Lacerda, L. D.; Araújo, D. S. D.; Cerqueira, R. e Turcq,

- B.; "Restingas : Origem, Estrutura, Processos", CEUFF, Niterói 1984.
5. Parfenov, Y. D.; *Atomic Energy Rev.*; Int. Atom. Energy Agency 1974, 12, 75.
 6. Tso, T. C. e Fisenne, I.; *Radiat. Bot.* 1968, 8, 457.
 7. Stegnar, P. e Kobal, I.; "Uptake and distribution of radium and uranium in the aquatic food chain", Em : *Environmental migration of long-lived radionuclides*, Int. Atom. Energy Agency; Commission of the European Communities & Nuclear Energy Agency 1982, pp. 364-373.
 8. Folson, T. R. e Beasley, T. M.; "Contributions from the alpha emitter, polonium-210, to the natural radiation environment of the marine organisms", Em : I. A. E. A. Symposium on the interaction of radioactive contaminants with the constituents of the marine environment 1972.
 9. Gouvea, R. C. S.; Santos, P. L. e Gouvea, V. A.; *Sci. Total Environ.* 1987, 61, 117.
 10. Santos, P. L.; Gouvea, R. C. S.; Dutra, I. R. e Gouvea, V. A.; *J. Environ. Radioact.* 1990, 11, 141.
 11. Santos, P. L.; Gouvea, R. C. S. e Dutra, I. R.; *Sci. Total Environ.* 1993, 138, 37.
 12. Mistry, K. B. e B. M. Bhujbad, B. M.; *Agroquim.* 1976, 28, 173.
 13. Gouvea, R. C. S.; Branco, M. E. C.; Santos, P. L. e Gouvea, V. A.; *Environ. Technol. Lett.* 1988, 9, 891.
 14. Woodhead, D. J. "Levels of radioactivity in the marine environment and the dose commitment in marine organisms". Em: Symposium on the Interaction of Radioactive Contaminants with the Constituents of the Marine Environment, Seattle USA 10-14 July 1972. Proceed. Vienna I. A. E. A. 1973.
 15. Auler L. M.; Menezes, M. A. e Erat, S.; III Encontro Nacional de Aplicações Nucleares ENEN, Águas de Lindóia 1995; SP 07-11 de agosto.