



GAMAESPECTROMETRIA (K, eTh, eU) EM ÁREA AGRÍCOLA CULTIVADA COM SOJA E TRIGO NO NOROESTE DO ESTADO DO PARANÁ

Becegato, V.A.^{1,2}, Ferreira, F.J.F.²

¹Universidade do Estado de Santa Catarina,, Av. Luiz de Camões, 2090, Conta Dinheiro, C.P. 281, Lages-SC,88520-000, becegato@cav.udesc.br

²Laboratório de Pesquisas em Geofísica Aplicada-LPGA, Departamento de Geologia, UFPR, Centro Politécnico, Jardim das Américas, C.P. 19045, Curitiba, PR, 81531-980, francisco.ferreira@ufpr.br

Palavras-chave: Gamaespectrometria, Solos, Agricultura, Fertilizantes, Contaminação Ambiental

INTRODUÇÃO

A agricultura moderna usa de alta tecnologia, objetivando aumentar a produtividade. Culturas como a soja e o trigo empregam cultivares com grande potencial genético, que aliado a insumos como os adubos, se exteriorizam na forma de altas produtividades. A agricultura brasileira se notabilizou nos últimos 20 anos pelo uso de grandes volumes de adubos. A presença de radionuclídeos em fertilizantes fosfatados (San Miguel *et al.* 2003; Yamazaki & Geraldo, 2003) traz interferências no meio ambiente, cujas conseqüências ainda são pouco conhecidas. Especificamente quanto aos adubos fosfatados, muitas são as fórmulas e marcas encontradas no mercado, com teores variados de nitrogênio, fósforo e potássio.

Recentemente tem-se utilizado o gesso, que é um subproduto da fabricação dos adubos acidulados. O gesso agrícola (sulfato de cálcio di-hidratado), derivado do ácido fosfórico, contém em sua composição cálcio, enxofre e água em diferentes concentrações. O uso deste produto tem por objetivo suprir os solos com cálcio e enxofre nos horizontes mais profundos, propiciando às plantas o desenvolvimento do sistema radicular, explorando maior volume de solos na busca por nutrientes e água.

Os solos diferem na sua capacidade de retenção de cátions. A capacidade de troca de cátions (CTC) depende da textura e do conteúdo de matéria orgânica, a qual pode aumentar a CTC significativamente. Solos mais argilosos retêm mais cátions ao contrário dos arenosos, onde a percolação de água é mais rápida, promovendo a lixiviação de elementos químicos que se encontram na solução do solo.

Em função do grande aporte de fertilizantes utilizados no Brasil, trabalhos pioneiros como os Ferreira *et al.* (1997), Souza *et al.* (1997) e Souza (1998), procuraram investigar as relações de anomalias aerogamaespectrométricas de K, eU e eTh com fertilizantes fosfatados oriundos da atividade agrícola, em correspondência com outras variáveis (processos pedogenéticos, solos, formações superficiais, geologia, susceptibilidade magnética e relevo). Neste sentido, as pesquisas

geofísicas de radionuclídeos em solos agrícolas ainda são muito incipientes no Brasil. Assim sendo, a gamaespectrometria constitui ferramenta importante na caracterização de solos, cultivados ou não, constituindo o principal objetivo do presente trabalho.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada próxima a cidade de Maringá (Fig.1), considerada pólo regional agrícola, a qual vem sendo utilizada com o cultivo de soja no verão e trigo no inverno. Situada no terceiro planalto paranaense, a área envolve o Grupo Caiuá em domínios da Formação Goio Erê (Fernandes & Coimbra, 2000) e apresenta contato transicional com a Formação Serra Geral (basaltos). Ainda segundo estes autores, a Formação Goio Erê é constituída por arenitos quartzosos, marrom-avermelhados e cinza arroxeados, finos a muito finos, mineralogicamente maduros e texturalmente submaturos. Nas partes mais planas predominam materiais retrabalhados das formações Goio Erê e Serra Geral, originando solos de textura mista entre arenosos e argilosos. Na medida em que o relevo fica mais acidentado predominam solos de textura argilosa, oriundos da Formação Serra Geral, cujas rochas afloram em algumas drenagens.

MÉTODOS

Utilizou-se o gamaespectrômetro GS-512 fabricado pela Geofyzika (República Tcheca) e comercializado pela Scintrex (Canadá), pertencente ao Laboratório de Pesquisas em Geofísica Aplicada – LPGA/UFPR, para a coleta dos dados das radiações gama em contagens por segundo (cps), oriundas de K, eU e eTh, as quais foram transformadas automaticamente pelo instrumento em % de K e ppm de eU e eTh. Posteriormente, para efeitos de comparação com a literatura internacional, os dados foram transformados para Bq Kg⁻¹. O instrumento foi calibrado no Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), em 23 de fevereiro de 2003, segundo procedimentos descritos em Ferreira *et al.* (2003).

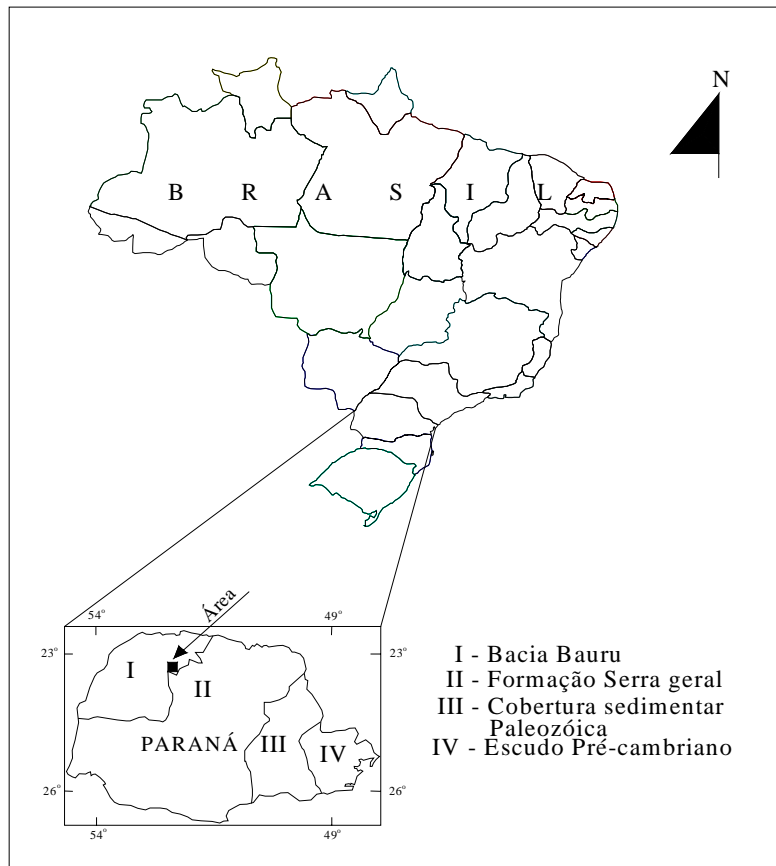


Figura 1 – Localização da área e compartimentos geológicos do estado do Paraná.

Os dados gamaespectrométricos foram tomados em solos, com tempo de 3 minutos por leitura, de acordo com os pontos indicados na figura 2, bem como em solos sob floresta nativa (sem contaminação por atividade antrópica) e em amostras de adubos e gesso.

Foram coletadas amostras de solos em 78 pontos (Fig.

2), para quantificar os teores de argila e matéria orgânica nas profundidades de 0–20 e 20–40 cm, totalizando 156 amostras. Em laboratório foram determinados os teores de argila e matéria orgânica. A maior profundidade das coletas foi de 20–40 cm, considerando que 90% dos raios gama é oriundo da camada subsuperficial (30–45 cm), de acordo com Wilford *et al.* (1997).

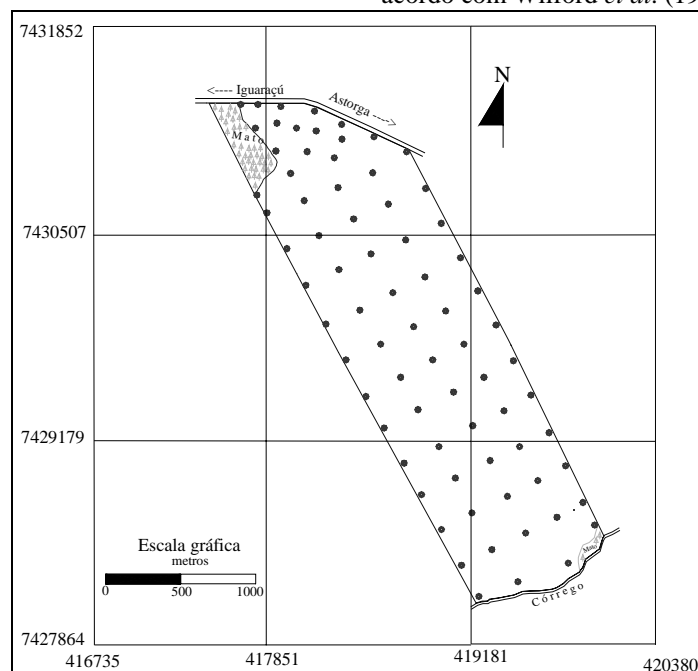


Figura 2 – Malha de pontos gamaespectrométricos.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na área investigada foram identificados e mapeados três tipos de solos (Fig. 3), são eles: (i) Lúvissolo Húmico de textura argilosa (antiga Terra Roxa estruturada), derivado de rochas basálticas, cuja inserção espacial se dá mais próxima aos canais de drenagens, com relevo mais acidentado; (ii) Latossolo Vermelho Férrico (antigo Latossolo Roxo) é um solo mais velho comparativamente ao anterior, de textura argilosa, mais profundo, também originado de rochas basálticas e situado em relevo suave

ondulado a praticamente plano e (iii) Latossolo Vermelho (antigo Latossolo Vermelho distrófico), oriundo do retrabalhamento das Formações Serra Geral e Goio Erê, cujo teor de argila está entre 16 e 35%, considerado pedologicamente de textura média, espacialmente distribuído em relevo praticamente plano.

Para o plantio de soja e trigo na área (340 hectares), são utilizadas aproximadamente 100 toneladas de fertilizantes ao ano para as duas culturas, objetivando altas produtividades.

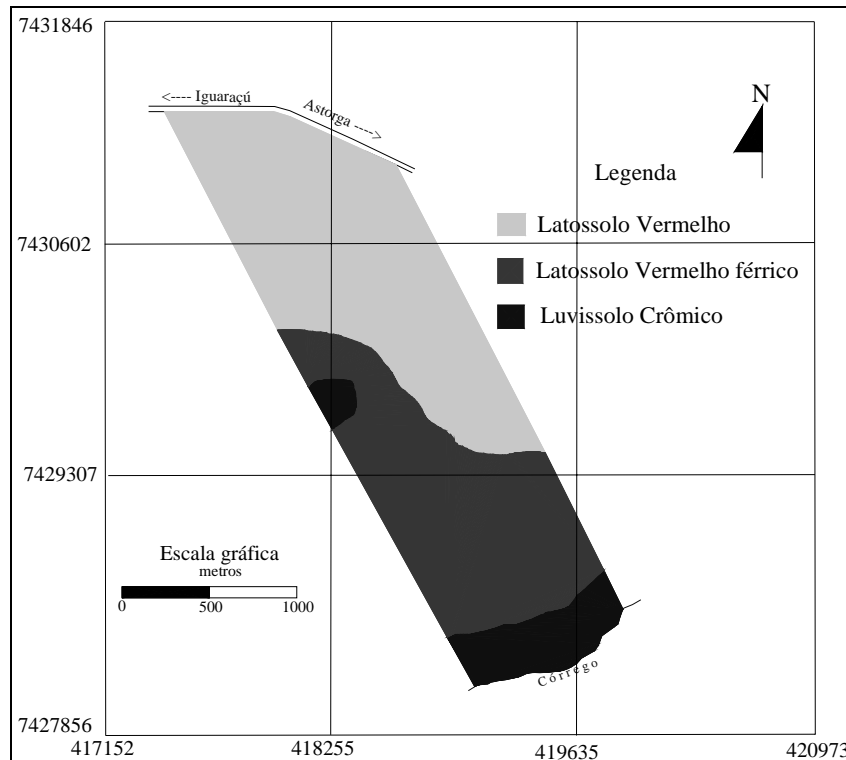


Figura 3 – Mapa de solos da área de estudo.

Os valores médios para os 78 pontos foram de 54,75 Bq Kg⁻¹ de K, 10,22 Bq Kg⁻¹ de U e 7,25 Bq Kg⁻¹ de Th. Souza (1998), encontrou valores de 86,1 Bq Kg⁻¹ de U em solos argilosos no município de Araras-SP; enquanto Kannan *et al.*, (2002) pesquisando radionuclídeos em solos da Índia, determinaram valores de U que vão desde 16 até 359,65 Bq Kg⁻¹. Kumru & Bakaç (2003) obtiveram valores médios de 135 Bq Kg⁻¹ de U e 17,05 Bq Kg⁻¹ de Th. Para as áreas testemunhas, cujos solos se encontram sob vegetação nativa, sem atividade agrícola, os teores médios de K, eU e eTh, foram respectivamente de: 41,9 e 26,4 Bq Kg⁻¹; 1,97 e 1,41 Bq Kg⁻¹ 8,91 e 1,81 Bq Kg⁻¹, para os solos areno/argiloso e argilosos. Já na área cultivada, os valores obtidos foram: 54,75 Bq Kg⁻¹ de K; 10,22 Bq Kg⁻¹ de eU e 7,25 Bq Kg⁻¹ de eTh), portanto maiores que nas áreas testemunhas. Tais diferenças, tão acentuadas, podem ser explicadas pelo aporte de fertilizantes agrícolas. A textura dos solos influencia o movimento dos radionuclídeos, o qual é semelhante aos dos cátions divalentes Ca²⁺ e Mg²⁺. As correlações para as duas profundidades, respectivamente 0-20 e 20-40 cm, entre argila e urânio foram de 0,50 e 0,56, enquanto que entre urânio e matéria orgânica obteve-se um único índice

de 0,92. Todas as correlações foram positivas; isto é, na medida que aumentam os teores de matéria orgânica e argila, também há incrementos das concentrações de urânio para as duas profundidades. Isto está aliado a capacidade dos solos em reter radionuclídeos e outros íons, por apresentarem cargas negativas geradas pelos minerais de argila e matéria orgânica. Comparando-se os teores de argila entre as profundidades de 0-20 e 20-40 cm, nota-se que os mesmos aumentam com a profundidade, como pode ser constatado nas figuras 4 e 5. Isto reflete a influência da litologia na formação dos solos mais argilosos, derivados da Formação Serra Geral.

Os teores médios de radionuclídeos encontrados nas amostras de gesso foram de 51,1 Bq Kg⁻¹ de K, 607,3 Bq Kg⁻¹ de U e 170,3 Bq Kg⁻¹ de Th. Comparativamente, Bolivar *et al.*, (1995) obtiveram 600 Bq Kg⁻¹ de U em depósitos de gesso produzidos por indústrias de fertilizantes e Aguirre *et al.*, (1995) relataram intervalos de 4,3 a 502 Bq Kg⁻¹ de U e 2,4 a 156 Bq Kg⁻¹ de Th em sedimentos aluvionares próximos a fábrica de adubos.

As distribuições espaciais de K, eU e eTh podem ser observadas nas figuras 6, 7 e 8. O mapa do potássio (Fig. 6), mostra que a maior concentração se dá na porção mais



arenosa, embora teores mais elevados de urânio se apresentem em trato argiloso. Isto pode ser explicado em parte pela possível presença de minerais de argila como a illita, que possui potássio em sua constituição. O mapa do urânio (Fig. 7), apresenta uma área de baixa radioatividade coincidente com o Latossolo Vermelho,

textura arenosa, e os demais tratos com maior radioatividade se posicionam, justamente, onde predominam os solos mais argilosos (Lúvissolo Húmico e Latossolo Vermelho Férrico), cujos teores médios de argila estão acima de 70% (Figs. 4 e 5).

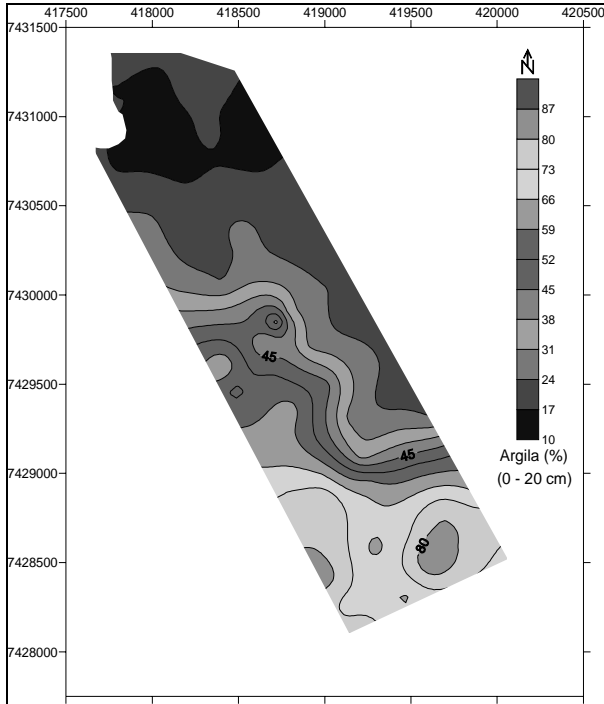


Figura 4 – Distribuição espacial da argila (0-20 cm).

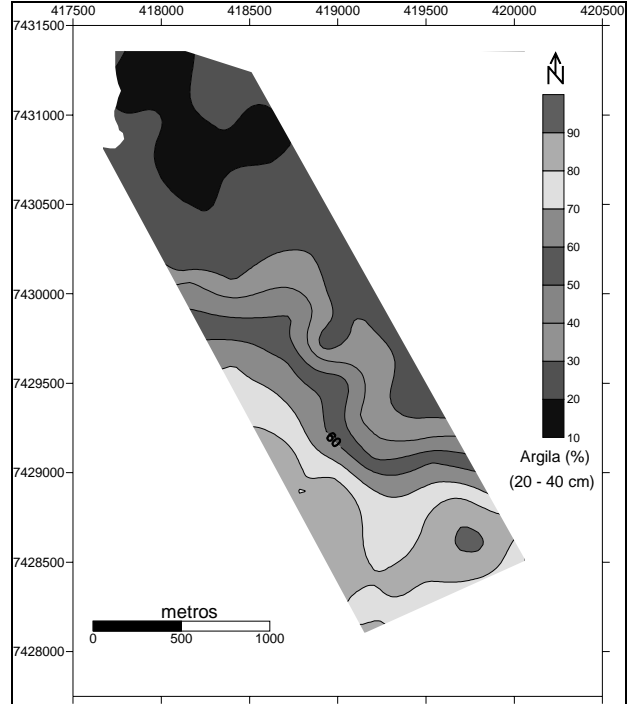


Figura 5 – Distribuição espacial da argila (20-40 cm).

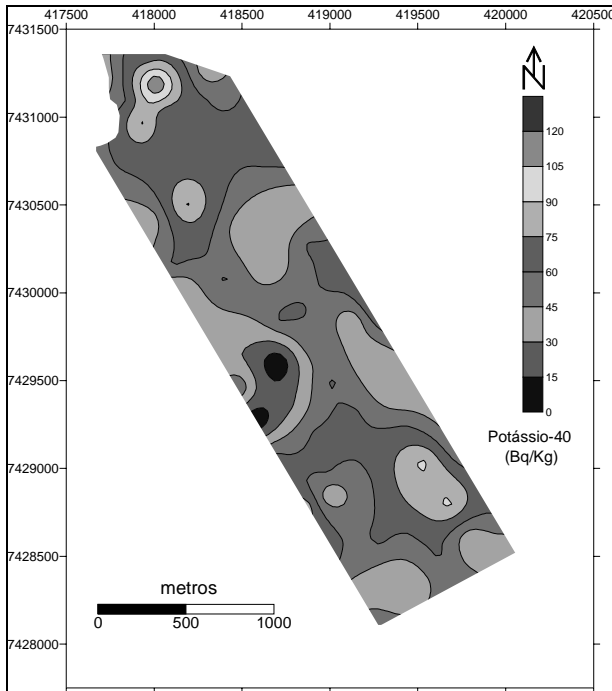


Figura 6 – Distribuição espacial do potássio (K).

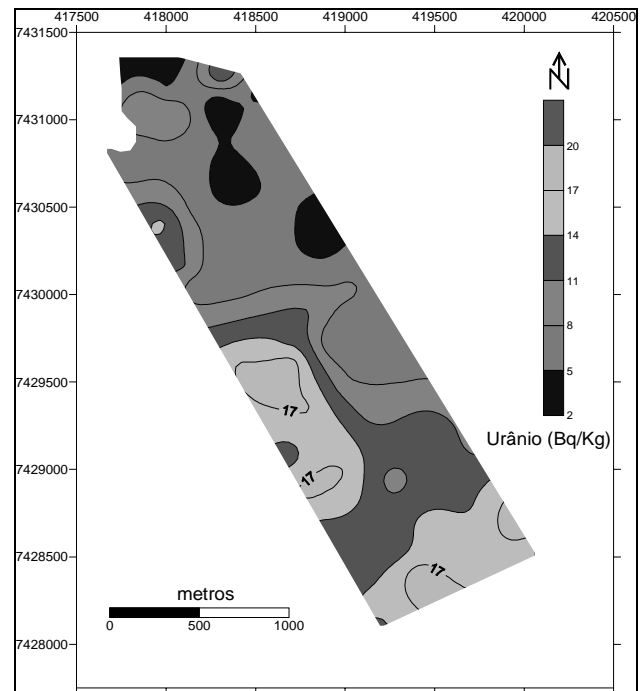


Figura 7 – Distribuição espacial do urânio (eU).

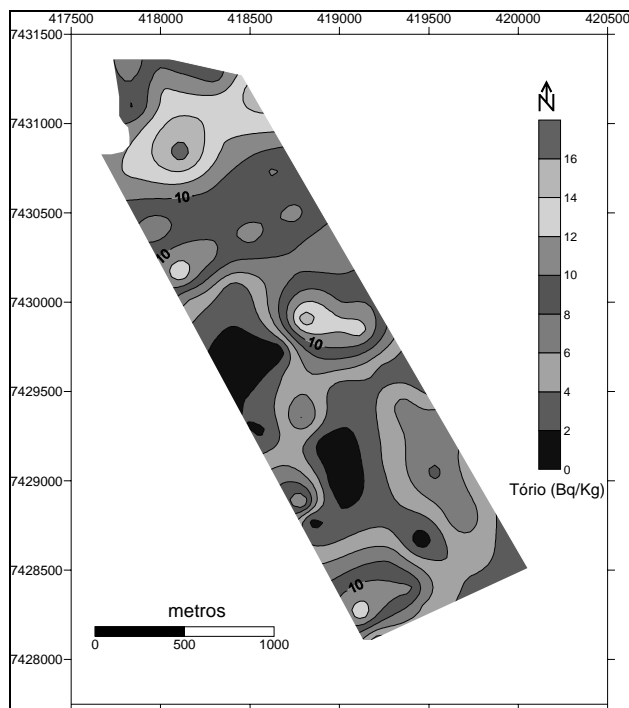


Figura 8 – Distribuição espacial do tório (eTh).

CONCLUSÕES

As principais conclusões da pesquisa podem ser assim sumarizadas:

(i) os solos Lúvisolo Húmico e Latossolo Vermelho Férrico de textura argilosa, retém mais radionuclídeos do que o Latossolo Vermelho textura média;

(ii) os teores de radionuclídeos são mais baixos em área de floresta nativa, quando comparados com os tratos de atividade agrícola, denotando a contribuição dos fertilizantes fosfatados e do gesso no incremento dos teores nos solos cultivados;

(iii) foram constatadas diferenças nos teores de radionuclídeos, em correspondência às formulações dos adubos, as quais se refletiram nas medidas gamaespectrométricas; (iv) houve correlação positiva e significativa entre urânio e argila e urânio e matéria orgânica.

REFERÊNCIAS

- Aguirre, A.M.; León, M.G.; Ivanovich, M. 1995. U and Th speciation in river sediments. *The Science of Total Environment*, 173/174: 203-209.
- Bolivar, J.P.; Tenório, R.G.; León, G. 1995. Fluxes and distribution of natural radionuclides in the production and use of fertilizers. *Applied Radiation and Isotopes*, 46(6/7):717-718.
- Fernandes, L.A.; Coimbra, A.M. 2000. Revisão estratigráfica da parte oriental da bacia Bauru (Neo-cretáceo). *Rev. Bras. Geociências*, 30(4):723-734.
- Ferreira, F.J.F.; Souza, J.L.; Rocha, H.O.; Mantovani, L.E. 1997. Airborne gamma-ray spectrometry and remote sensing to map uranium accumulation in soils from long continued application of fertilizers in Araras region, Brazil. In: 12th International Conference and Workshops, Applied Geologic Remote Sensing, Denver, Colorado, USA. V.I.p:323-330.
- Ferreira, F.J.F.; Flexor, J.M.; Guimarães, G.B. 2003. Síntese da calibração do gamaespectrômetro GS-512 do LPGA/UFPR no IRD-CNEN, 12p. (relatório inédito).
- Kannan, V.; Rajan, M.P.; Iyengar, M.A.A.R.; Ramesh, R. 2002. Distribution of natural and anthropogenic radionuclides in soil and beach samples of Kalpakam (Índia) using hyper pure germanium (HPGe) gamma ray spectrometry. *Applied Radiation & Isotopes*, 57:109-119.
- Kumru, M.N.; Bakaç, M. 2003. R-mode factor analysis applied to the distribution of elements in soils from the Aydin Basin, Turkey. *Jour. Geochem. Explor.*, 77: 81-91.
- San Miguel, P.M.; Bolívar, J.P.; García-Tenório, R. 2003. Validation of isotope signatures in sediments affected by anthropogenic inputs from uranium series radionuclides. *Environmental Pollution*, 123:125-130.
- Souza, J.L.; Ferreira, F.J.F.; Rocha, H.O.; Mantovani, L.E. 1997. Soil radioactivity and its possible relationship with fertilizers in Araras region, Brazil. In: 4th Meeting on Nuclear Applications, CD ROM, Poços de Caldas-MG.
- Souza, J.L. 1998. Anomalias aerogamaespectrométricas (K, U e Th) da quadrícula de Araras (SP) e suas relações com processos pedogenéticos e fertilizantes fosfatados. Curitiba, Dissertação de Mestrado, UFPR, 218p.
- Wilford, J.R.; Bierwirth, P.N.; Craig, M.A. 1997. Application of airborne gamma-ray spectrometry in soil/regolith mapping and applied geomorphology. *Journal of Australian Geology & Geophysics*, 17(2): 201-216.
- Yamazaki, I.M.; Geraldo, L. 2003. Uranium content in phosphate fertilizers commercially produced in Brazil. *Applied Radiation and Isotopes*, 59:133-136.