



APLICABILIDADE DA GEOCRONOLOGIA DA DEPOSIÇÃO DE SEDIMENTO COM ^{210}Pb COMO FERRAMENTA NA AVALIAÇÃO DO ASSOREAMENTO DO RIO TAQUARI, PANTANAL, MS

J.M. Godoy^{1,2}, C.R. Padovani³, J.C.A. Pereira², L.M. Vieira³

¹Instituto de Radioproteção e Dosimetria - CNEN, Caixa Postal 37.750, CEP 22780-190, Rio de Janeiro, RJ

²Departamento de Química - PUC Rio de Janeiro, CEP 22453-900, Rio de Janeiro, RJ

³Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal - EMBRAPA, CEP 79320-900, Corumbá, MS

Recebido em 08/98; aprovado para publicação em 05/99

ABSTRACT

This work presents ^{210}Pb geochronology of five bottom sediment cores from floodplain lakes of middle Taquari River, Pantanal, MS. In two cores of a same lake, an increase of the sediment deposition rate were observed, reflecting an increasing of the sediment input to the Pantanal. The main causes suggested for this increasing are climatic change, and the development of agriculture and cattle-raising in the watershed highlands, for the last 25 years. The results pointed too for the importance of a additional sample in the superior region of the middle Taquari River.

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados da geocronologia com ^{210}Pb de cinco perfis de sedimento de fundo, coletados em lagos marginais, localizados na região do médio rio Taquari, Pantanal, MS. Em dois testemunhos de um mesmo lago, observou-se aumento na deposição de sedimento, refletindo aumento no aporte de sedimento em suspensão para o Pantanal. As principais causas apontadas para esse aumento são mudanças climáticas e a expansão da atividade agropecuária na alta bacia nos últimos 25 anos. Os resultados também demonstram a necessidade de uma amostragem adicional na região superior do médio Taquari.

INTRODUÇÃO

A Bacia do Alto Taquari (BAT) drena uma área de 28.000 km² no planalto adjacente ao Pantanal (Fig. 1). Caracteriza-se por apresentar solos sedimentares, na sua maioria arenosos, com zonas de declividades acentuadas e com grande potencial erosivo. As características peculiares da BAT, associadas ao uso intensivo e ao mal manejo do solo pela atividade agropecuária, nos últimos 25 anos, e às mudanças climáticas, têm intensificado os processos erosivos no pla-

nalto, evidenciados pelo aumento de voçorocas e o conseqüente assoreamento dos rios na BAT e no leque aluvial do rio Taquari, no Pantanal. Este processo está provocando o aumento da instabilidade do leito e inundações no seu baixo curso, acarretando problemas ambientais, sociais e econômicos, como já tem sido relatado por diversos autores (Brasil, 1974; Braun, 1977; Brasil, 1982; Santos & Crepani, 1993; Adámoli, 1995; Mato Grosso do Sul, 1995; EMBRAPA, 1997; Tucci *et al.*, 1997). Adámoli, 1995; Mato Grosso

do Sul, 1995; EMBRAPA, 1997; Tucci *et al.*, 1997).

Estimativas diretas da produção de sedimento, resultantes da atividade agropecuária, são difíceis de serem quantificadas para áreas grandes e diversificadas, como a BAT, e não há dados disponíveis, atualmente. Registros históricos de carga de sedimento em suspensão para o rio Taquari são escassos e fragmentados, embora tentativas de comparação com dados atuais estejam sendo feitas (EMBRAPA, 1997). A carência de estudos prévios de caracterização do ambiente,

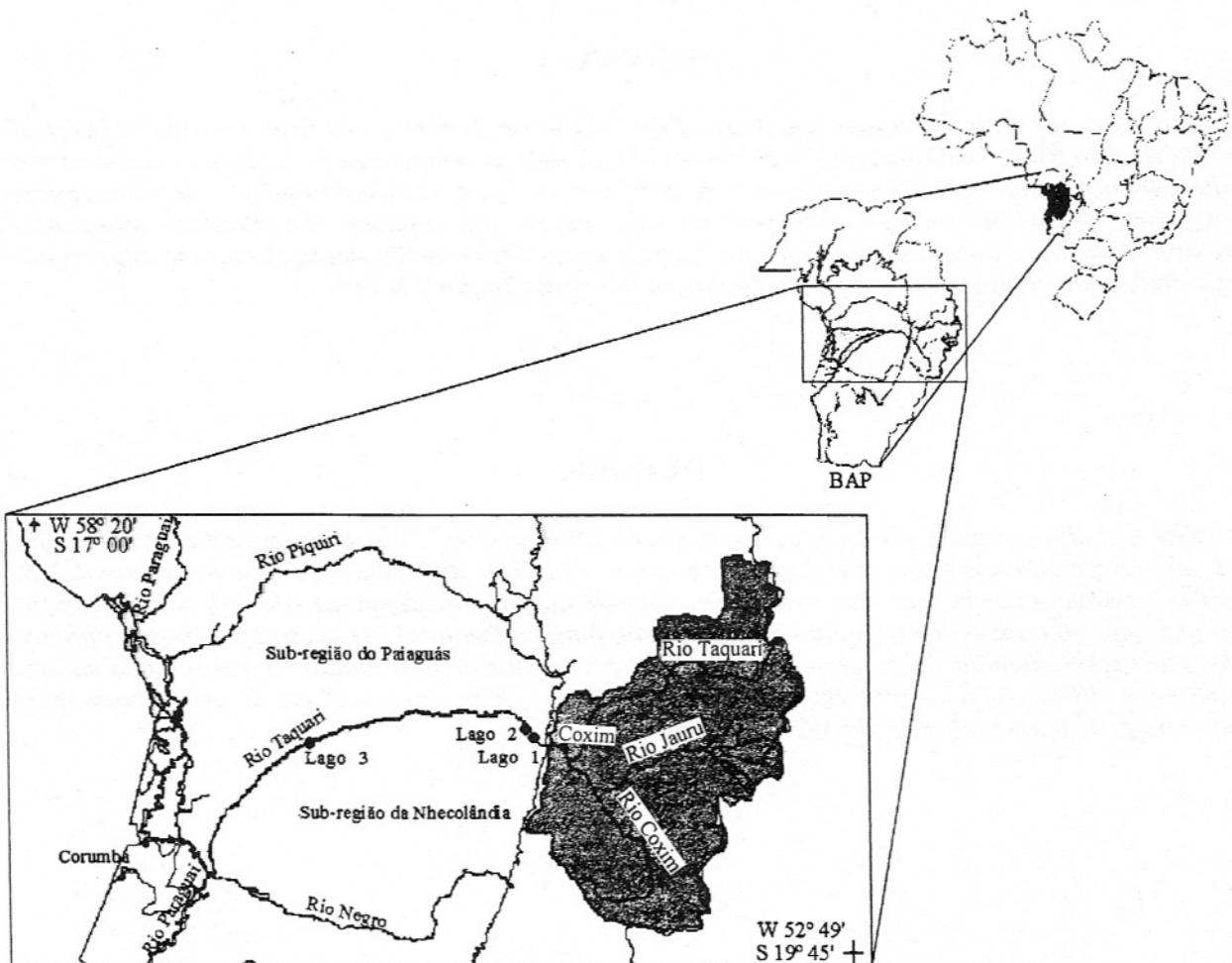


Figura 1 - Localização das lagoas amostradas na bacia do rio Taquari, dentro da bacia do alto rio Paraguai, no Brasil. A bacia do alto rio Taquari está destacada.

anteriores à expansão da atividade agropecuária no planalto, impossibilita a comparação entre o passado e o presente para a avaliação quantitativa dos impactos ocorridos. Assim sendo, faz-se necessário o uso de uma metodologia alternativa que permita rastrear o passado.

Os sedimentos depositados em lagos, geralmente, refletem os processos erosivos da bacia de drenagem à montante (Flower *et al.*, 1984). Pela Lei da Superposição, uma das leis fundamentais da geologia, sabe-se que os sedimentos depositados continuamente no fundo de lagos e oceanos formam um registro histórico do processo de erosão, transporte e deposição. As camadas mais recentes sobrepõem-se às mais antigas, formando uma seqüência disposta em ordem cronológica (Salgado-Labourial, 1994).

O método da datação das camadas de sedimento, utilizando o radioisótopo natural ^{210}Pb , tem sido usado em estudos de história da sedimentação, ocorrida no intervalo de tempo dos últimos 100 anos. Devido ao ^{210}Pb ter uma meia vida curta, de 22 anos, esse radioisótopo é adequado para analisar processos de influência humana nos ambientes recentes de sedimentação. Uma excelente revisão bibliográfica, e discussão da técnica, é apresentada por Appleby & Oldfield (1992).

O presente trabalho tem como objetivo testar a aplicabilidade do método geocronológico ^{210}Pb , em sedimentos recentes, a fim de fornecer evidências que possam vir a comprovar a hipótese do aumento do aporte de sedimento em suspensão para o Pantanal, nas últimas décadas.

DETERMINAÇÃO DE TAXAS DE ASSOREAMENTO COM ^{210}Pb

O ciclo hidrogeoquímico do ^{210}Pb é ilustrado na Figura 2.

O ^{222}Rn ($t_{1/2} = 3,824$ dias), produto do decaimento do ^{226}Ra , é parcialmente emanado do solo. Na atmosfera, o ^{222}Rn decai até ^{210}Pb ($t_{1/2} = 22,1$ anos). Através dos mecanismos de deposição, seca e úmida, o ^{210}Pb atinge a superfície terrestre e, quando depositado em corpos d'água, é acumulado no sedimento de fundo. Assim, a camada superior do sedimento possui um excesso de ^{210}Pb em relação ao seu teor de ^{226}Ra . Este ^{210}Pb em excesso é também conhecido como ^{210}Pb não-suportado ou ^{210}Pb atmosférico. Devido ao fato do processo

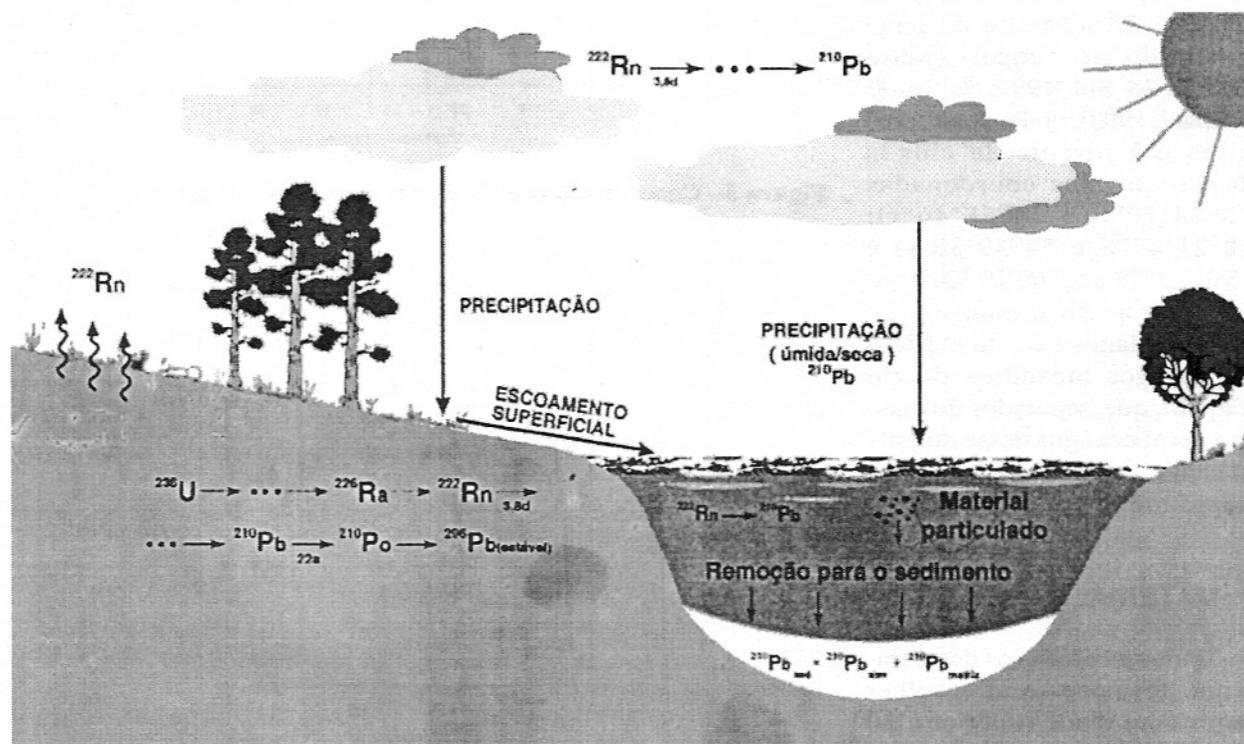


Figura 2 - Ciclo hidro-geoquímico do ^{210}Pb

deposicional ser contínuo, é possível aceitar que a concentração deste ^{210}Pb não-suportado decresça de cima para baixo na coluna sedimentar. Este decréscimo é função da idade da camada sedimentar estudada, ou seja, função de $e^{-\lambda t}$, sendo λ , a constante de decaimento do ^{210}Pb e "t", a idade da camada.

Deste modo, ao determinar-se o excesso de ^{210}Pb em camadas de um testemunho da coluna sedimentar, pode-se calcular a idade de cada camada. Além do mais, é também possível determinar-se a taxa de assoreamento camada à camada. Construindo-se, então, um gráfico com a idade da camada vs. a taxa de assoreamento, pode-se comparar as taxas atuais com as pretéritas e analisar sua variação temporal num intervalo de até 100 anos.

ÁREA DE ESTUDO

Os lagos amostrados, neste trabalho, localizam-se no curso médio do rio Taquari (Mato Grosso do Sul, 1992; Santos & Crepani, 1993), no Pantanal, próximo e à jusante da cidade de Coxim, nas coordenadas $18^{\circ}24'10''\text{S}$ e $54^{\circ}58'46''\text{O}$; $18^{\circ}21'57''\text{S}$ e $54^{\circ}59'38''\text{O}$ e $18^{\circ}21'57''\text{S}$ e $55^{\circ}00'22''\text{O}$, lagos 1, 2 e 3, respectivamente (Fig. 1).

Esses lagos são, na realidade, antigos meandros do rio Taquari, que, separados do mesmo, recebem água desse durante as cheias, época de maior arraste de sedimento em suspensão.

MATERIAL E MÉTODO

Dados os objetivos deste trabalho foi necessário escolher lagos com idade superior a 30 anos de idade e, para tal, os lagos foram selecionados com

base no conhecimento prévio da região e através da análise de fotografias aéreas de 1966 na escala 1:60.000 e imagens de satélite Landsat-TM em papel, composição colorida das bandas 3,4 e 5, na escala 1:100.000, de 1995. Selecionou-se os meandros que apresentam comunicação com o rio Taquari desde 1966. Como as fotos aéreas de 1966 foram tiradas dentro de um ciclo de seca de 1962 a 1973 e na época da seca daquele ano, os meandros selecionados foram os que têm a maior proba-

bilidade de receberem água do rio Taquari nas épocas de cheia.

A amostragem do sedimento foi feita por meio de um *gravity corer*, de 20 kg, com tubos de PVC de 5 cm de diâmetro. Obteve-se cinco testemunhos, dois no lago 1 (Figs. 3 e 4), dois no lago 2 (Figs. 5 e 6) e um no lago 3 (Fig. 7), cada um com cerca de 50 cm de profundidade. Cada testemunho foi seccionado a cada 2 cm. O teor de ^{210}Pb foi determinado, após lixiviação do material seco com HBr, segundo metodologia des-

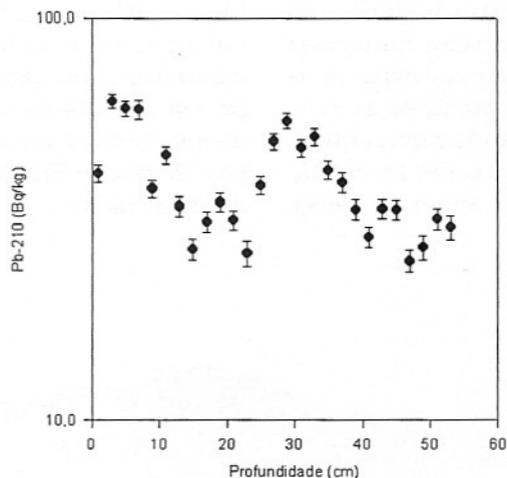


Figura 3 - Concentração de ^{210}Pb no testemunho 1 do Lago 1.

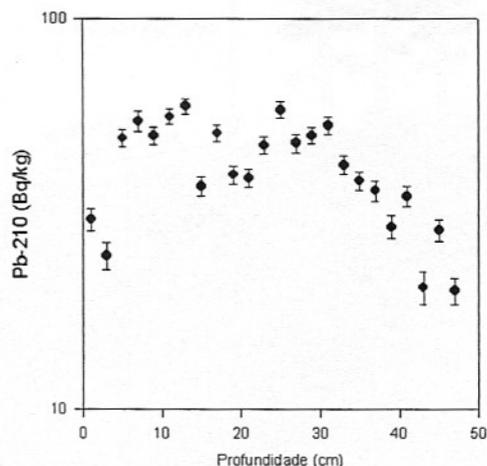


Figura 4 - Concentração de ^{210}Pb no testemunho 2 do Lago 1.

crita por Godoy *et al.* (1998), e já aplicada, com sucesso, em caso similar, no lago do Infernã (SP) (Simões Filho, 1993). Em linhas gerais, à lixiviação da amostra com 0,5 M HBr, segue-se uma separação por cromatografia de troca iônica e, após a eluição da fração correspondente ao chumbo, é feita uma precipitação de $PbCrO_4$ em meio tampão de acetato pH 5. Decorridos 15 dias para a formação do ^{210}Bi , 87,5% do valor da saturação, procede-se a determinação da atividade beta, utilizando-se um detector proporcional de baixo ruído de fundo EG&G Berthold LB750. O procedimento, acima descrito, foi testado em amostras de referência IAEA-368 e IAEA-135 *marine sediment samples* (Godoy *et al.*, 1998). Os erros associados à cada medida são erros propagados, que englobam os erros estatísticos da medida da amostra e do ruído de fundo, bem como o da calibração do equipamento de medida.

A idade de cada camada e a taxa de assoreamento foram calculadas utilizando-se o modelo CRS (*Constant Rate of Supply*), aplicável a sistemas com velocidades de sedimentação variáveis, ou o modelo CIC (*Constant Initial Concentration*), quando estas são constantes (Appleby & Oldfield, 1983).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 3 a 7 mostram a variação do teor de ^{210}Pb lixiviado, ao longo de cada testemunho.

Pode-se observar, em particular nas Figuras 6 e 7, que, após uma determinada profundidade, o teor de ^{210}Pb torna-se constante. Este valor constante representa a fração lixiviada do ^{210}Pb ligado à matriz. De modo

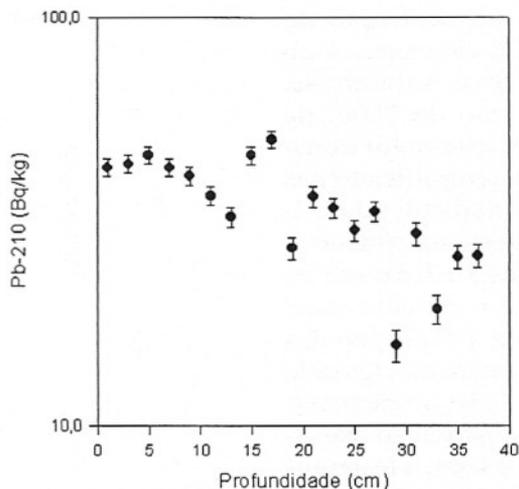


Figura 5 - Concentração de ^{210}Pb no testemunho 1 do Lago 2.

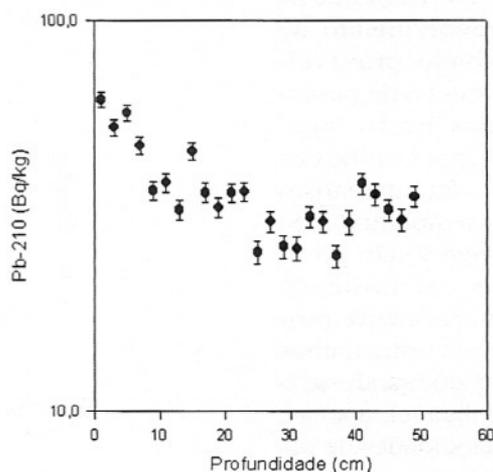


Figura 6 - Concentração de ^{210}Pb no testemunho 1 do Lago 2.

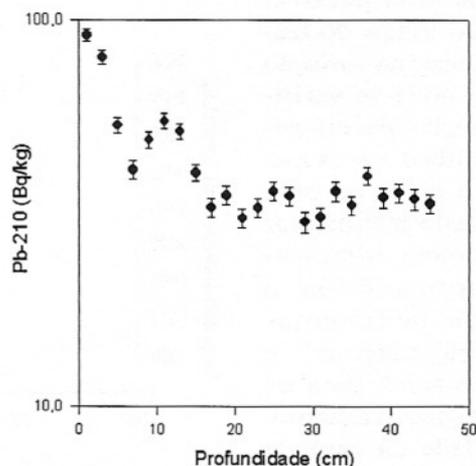


Figura 7 - Concentração de ^{210}Pb no testemunho do Lago 3.

a obter-se a concentração do chamado ^{210}Pb em excesso, ou ^{210}Pb atmosférico, subtraiu-se, da concentração de ^{210}Pb , de cada camada, este valor constante, como exemplificado nas Figuras 8 e 9, derivadas das Figuras 6 e 7, respectivamente.

Nas Figuras 3 a 7, é possível verificar qual o modelo mais adequado para a avaliação das taxas de assoreamento. Os dois testemunhos do lago 1 denotam taxas de sedimentação variáveis. Por outro lado, o testemunho 2 do lago 2 e o do lago 3 são típicos de sistemas com velocidades de sedimentação constantes. O testemunho 1 do lago 2 mostra um perfil decorrente de um revolvimento do sedimento de fundo, provavelmente devido à ação de pescadores avistados neste lago. Como consequência, ambos os perfis do lago 1 foram analisados com base no modelo CRS. O perfil 1 do lago 2 não pôde, evidentemente, ser utilizado para os fins inicialmente propostos. Os outros 2 testemunhos foram avaliados utilizando-se o modelo CIC, aplicável, apenas, nos casos de velocidades de sedimentação constantes.

Para uma correta aplicação do modelo CIC, ao contrário do modelo CRS, necessita-se avaliar o efeito de uma possível compactação ao longo do testemunho. Com base na variação da porosidade, pôde-se verificar que tal correção não era necessária em ambos os casos. Assim sendo, a idade de cada camada da coluna sedimentar pode ser calculada, simplesmente, multiplicando-se a velocidade de sedimentação, $(0,29 \pm 0,06) \text{ cm.ano}^{-1}$ e $(0,36 \pm 0,08) \text{ cm.ano}^{-1}$, para os lagos 2 e 3 respectivamente, pela profundidade da camada da coluna sedimentar.

As Figuras 10 e 11 mostram

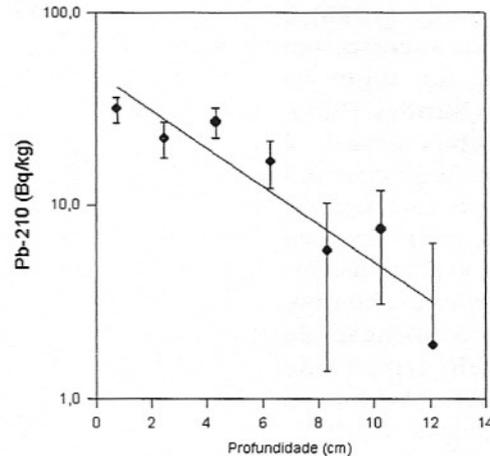


Figura 8 - Lago 2, testemunho 2, após a subtração da fração devido ao Pb-210 em equilíbrio com Ra-226.

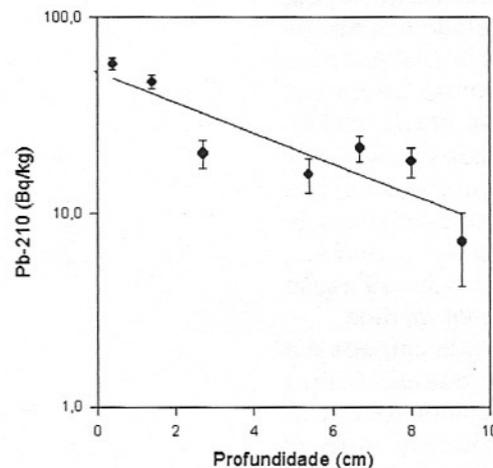


Figura 9 - Lago 3, após a subtração do Pb-210 devido ao Pb-210 em equilíbrio com Ra-226.

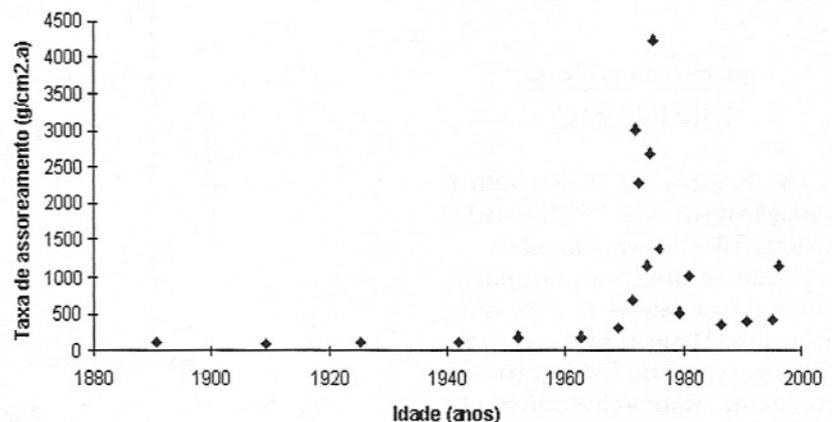


Figura 10 - Lago 1, testemunho 1, taxas de sedimentação.

a variação da taxa de assoreamento ($\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{ano}^{-1}$) encontradas no lago 1. Ambas mostram um quadro bem semelhante, com um pico nos anos setenta, coincidindo com o final do período seco de 1958-72. Análises preliminares de dados pluviométricos do planalto indicaram que a erosividade das chuvas foi maior no período de 1974 a 1994, que no período anterior de 1965 a 1973 (EMBRAPA, 1997). Os anos setenta marcam também a expansão da atividade agropecuária no planalto. Isso implica na coincidência entre o período de maior erosividade das chuvas com a expansão da agropecuária, intensificando os processos erosivos no planalto, nas últimas três décadas. Os dados atuais indicam estar-se vivenciando um período de maior aporte de sedimento em suspensão para o Pantanal. Em ambos os casos, tomando-se a linha de base antes do ciclo da seca 1962-73 e comparando-a com a existente após este período, excluindo os valores mais elevados observados nos últimos anos (Figs. 12 e 13), é possível dizer que há uma tendência de aumento nas taxas de assoreamento atuais, nesta região do Rio Taquari. Nos dois casos, os valores médios das taxas de assoreamento, antes e após o pico observado, são significativamente diferentes ($p < 0,001$), (141 ± 44) e $(395 \pm 44) \text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{ano}^{-1}$ e (125 ± 17) e $(261 \pm 54) \text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{ano}^{-1}$, para os testemunhos 1 e 2 respectivamente.

Já os lagos situados a jusante (2 e 3) apresentam velocidades de sedimentação e taxas de assoreamento constantes (Figs. 8 e 9). Multiplicando-se as velocidades de sedimentação encontradas nos lagos 2 e 3 pela densidade do sedimento seco ($1,8 \text{ g/cm}^3$) e levando-se em

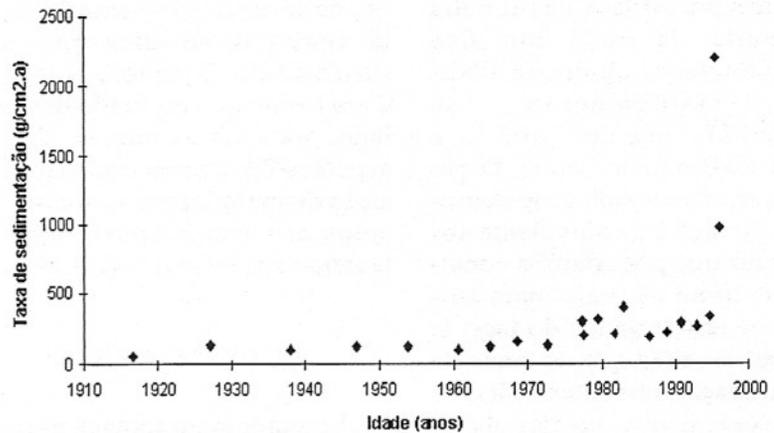


Figura 11 - Lago 1, testemunho 2, taxas de sedimentação.

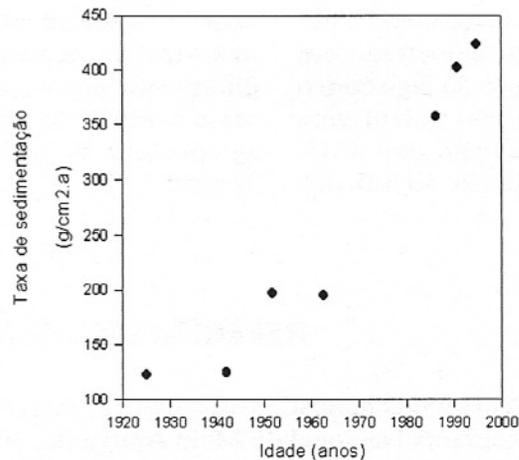


Figura 12 - Detalhe taxa de sedimentação Lago 1, testemunho 1.

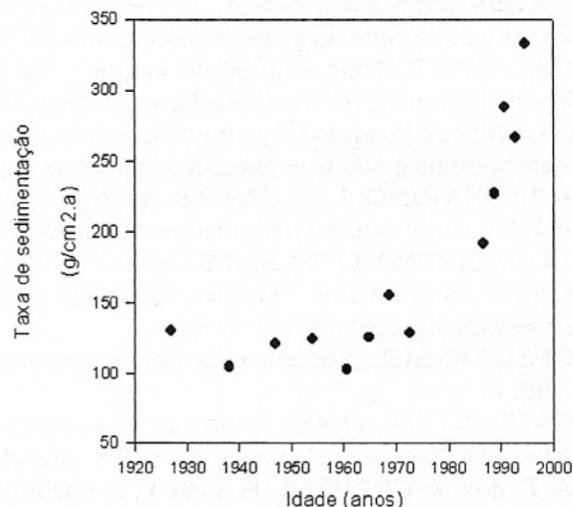


Figura 13 - Detalhe taxa de sedimentação Lago 1, testemunho 2.

conta a porosidade da primeira camada de cada um dos testemunhos, obtêm-se taxas de assoreamento de $(58 \pm 11) \text{ mg.cm}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ e $(100 \pm 24) \text{ mg.cm}^{-2}.\text{ano}^{-1}$. O valor correspondente ao testemunho do lago 2 é equivalente aos valores que poderíamos considerar como naturais para ambos os testemunhos do lago 1. Cabe ressaltar que as taxas de acumulação referentes ao lago 1 são equivalentes àquelas observadas por Simões Filho (1993) para os lagos do Infernã e do Óleo. O fato de ter-se encontrado taxas de sedimentação constantes está ligado tanto à morfologia do lago como à posição do local amostrado em relação à ligação do lago com o rio. O lago 3 não possui uma ligação permanente com o rio, havendo um trecho significati-

vo, de aproximadamente 50 m, de vegetação aquática entre o rio e o lago. O ponto 2 do lago 2 era localizado no fundo desse lago, após várias curvas. Tais aspectos favorecem uma deposição do material em suspensão antes dos locais amostrados, levando aos resultados obtidos.

CONCLUSÕES

A metodologia adotada mostrou-se adequada para os fins propostos. Os resultados obtidos em um dos lagos amostrados, lago 1, indicaram haver uma tendência de aumento da taxa de assoreamento nos últimos vinte e cinco anos, coincidindo com mudanças climáticas e a expansão da atividade agropecuária na alta bacia da rio Taquari.

Face ao observado, uma segunda campanha de coleta é necessária. Nesta, procurar-se-á amostrar um maior número de lagos na região superior do médio Taquari, que apresentem uma ligação permanente com o rio, visando a confirmação dos resultados obtidos até o momento.

AGRADECIMENTOS

Ao coordenador do projeto "Impactos Ambientais e Socioeconômicos na Bacia do Rio Taquari", Sérgio Galdino, pelas valiosas sugestões nas primeiras etapas deste trabalho; ao Agente Ambiental, Sr. Waldomiro de Lima e Silva pelo auxílio no trabalho de campo, e ao pessoal de apoio da Embrapa/CPAPantanal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADÂMOLI, J. (1995) Diagnóstico do Pantanal: características ecológicas e problemas ambientais. Brasília: Programa Nacional do Meio Ambiente, 50p.
- APPLEBY, P.G. & OLDFIELD, F. (1983) The assessment of ^{210}Pb data from sites with varying sediment accumulation rates. *Hydrobiologia*, **103**:29-36.
- BRASIL, Ministério do Interior, Departamento Nacional de Obras de Saneamento (1974) Estudos hidrológicos da Bacia do Alto Paraguai: Relatório Técnico, Rio de Janeiro, **1**:284p.
- BRASIL, Ministério das Minas e Energia, Projeto RADAMBRASIL (1982) Campo Grande: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra, Rio de Janeiro, **Folha SE. 21**:412p.
- BRAUN, E.H.G. (1977) Cone Aluvial do Taquari, unidade geomorfológica marcante da planície quaternária do Pantanal. *Revista Brasileira de Geografia*, **39**:164-167.
- EMBRAPA, Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal (1997) Relatório anual do subprojeto: Impactos ambientais e sócio-econômicos na bacia do rio Taquari. Corumbá, MS.
- FLOWER, R.J.; DEARING, J.A.; NAWAS, R. (1984) Sediment supply and accumulation in a small Moroccan lake: An historical perspective. *Hydrobiologia*, **12**:81-92.
- GODOY, J.M.; MOREIRA I.; WANDERLEY, C.; SIMÕES FILHO F.F.L.; MOZETO A.A. (1998) An Alternative Method For The Determination Of Excess Pb-210 In Sediments. *Radiation Protection and Dosimetry*, **75**:111-115.
- MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Meio Ambiente (1992) Relatório Técnico: sub-bacia do Taquari, 18p.
- MATO GROSSO DO SUL (1995) Proposta de enquadramento dos corpos de água das sub-bacias dos rios Miranda, Taquari, e Imbiruçu. Campo Grande, MS, 72p.
- SANTOS, A.T. dos & CREPANI, E. (1993) Contribuição do sensoriamento remoto aplicado à geografia no estudo do assoreamento do rio Taquari, Pantanal Mato-Grossense. *In*: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais, Curitiba, p.261-266.

- SIMÕES FILHO, F.F.L. (1993) A hidrodinâmica de particulados em planície de inundação: um estudo sobre as taxas de sedimentação de lagos marginais do Rio Mogi-Guaçu, Estação Ecológica de Jataí (Luis Antonio, SP). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, 105p.
- SALGADO-LABOURIAU, M.L. (1994) História ecológica da terra. Ed. Edgard Blücher, São Paulo, 307p.
- TUCCI, C.E.; RISSO, A.; BORGES, A.; SEMMELMAN, F.; LEÃO, M.I.; LOPES, M.S.; MARQUES, D.M. (1997) Diagnóstico e preservação. *In*: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (Pantanal) - PCBAP. Hidrossedimentologia do Alto Paraguai. Brasília, **2(2B)**:659-680.