

## IDADE DE FORMAÇÃO DO SISTEMA DE LAGOS DO MÉDIO VALE DO RIO DOCE (HOLOCENO, MINAS GERAIS, SUDESTE DO BRASIL)

Claudio Limeira Mello<sup>1</sup>; Kenitiro Suguio<sup>2</sup>; Roseane Ribeiro Sarges<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro  
e-mail: limeira@geologia.ufrj.br

<sup>2</sup> Departamento de Geologia Sedimentar e Aplicada, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo

<sup>3</sup> Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro

### RESUMO

A região do Médio Vale do Rio Doce, situada no Estado de Minas Gerais, no Sudeste do Brasil, constitui uma das áreas mais importantes para o estudo da evolução quaternária dos trópicos úmidos em território brasileiro. Esta área apresenta um singular sistema de lagos barrados, associados a paleocanal do Rio Doce, cuja origem e evolução foi relacionada, pela maioria dos pesquisadores anteriores, a condicionantes paleoclimáticos. Levantamentos sismoestratigráficos realizados nas desembocaduras de lagos documentaram falhas normais afetando sedimentos aluviais holocênicos, sugerindo mecanismos neotectônicos como o principal controle para a origem do sistema de lagos. Análises estratigráficas realizadas no Lago Dom Helvécio confirmam uma primeira submersão lacustre por volta de 9.000 anos <sup>14</sup>C AP, relacionada a lagos provavelmente rasos e com grande influência de processos aluviais. Sedimentos tipicamente lacustres são identificados somente após cerca de 8.200 anos <sup>14</sup>C AP e são identificados na borda do lago somente após cerca de 5.000 anos <sup>14</sup>C AP, sugerindo que tenha atingido seu nível atual por volta desta idade. Idade LOE disponível para os sedimentos do paleocanal do Rio Doce indica que a migração abrupta do canal fluvial para a posição atual, simultânea à formação do sistema de lagos, ocorreu após 6.500 anos atrás.

### ABSTRACT

The Doce River Middle Valley (State of Minas Gerais, Southeastern Brazil) is one of the most important areas in Brazil in the study of Quaternary evolution of humid tropics. This area preserves a singular barred lake system associated with Doce River paleochannel. Most previous researchers have considered paleoclimatic controls as responsible for the origin and the evolution of the lake system. Seismic stratigraphic analysis performed at the dam of lakes has showed normal faults affecting Holocene alluvial sediments. It suggests neotectonic mechanisms as the main control for the origin of this lake system. Stratigraphic analyses performed at the dam of Dom Helvécio Lake confirm the beginning of the lacustrine sedimentation around 9,000 years <sup>14</sup>C BP, probably related to shallow lakes, greatly influenced by alluvial processes. Typical lacustrine sediments were only identified after approximately 8,200 years <sup>14</sup>C BP. They were identified at the lake margin only after approximately 5,000 years <sup>14</sup>C BP. It suggests the approximate time when the lake has been elevated to the modern level. OSL dating of sediments from Doce River paleochannel indicates that the abrupt migration of the fluvial channel, that was simultaneous to lake system formation, has occurred after 6,500 years ago.

Palavras-Chave: holoceno, neotectônica, sistema de lagos

### 1. INTRODUÇÃO

A região do médio vale do rio Doce (Figura 1) apresenta feições geomorfológicas e sedimentológicas expressivas, que permitem classificá-la como uma das mais importantes áreas para os estudos do Quaternário continental no território brasileiro. Destaca-se, nesta região, a presença de um notável sistema de lagos barrados (Figura 2), cuja origem e a evolução têm sido alvo de diferentes pesquisadores, a partir do final da década de 1960.

Estudos pioneiros realizados por Pflug (1969), Meis & Machado (1978) e Meis & Monteiro (1979) admitiram que condições paleoclimáticas semi-áridas do final do Pleistoceno foram responsáveis pela formação dos lagos, através da intensificação da sedimentação aluvial no vale do rio Doce, culminando com a barragem das desembocaduras de canais tributários de menor ordem hierárquica. Meis & Monteiro (1979) reconheceram, ainda, duas fases de submersão lacustre: a primeira fase foi datada do limite Pleistoceno/Holoceno e a segunda fase foi datada no intervalo de  $7.830 \pm 250$  anos AP a  $3.365 \pm 115$  anos AP.

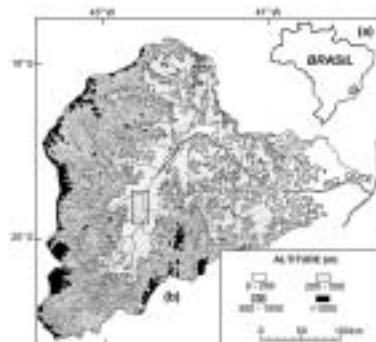


Figura 1 – (a) Mapa de localização da bacia do rio Doce (Estado de Minas Gerais, Sudeste do Brasil). (b) Mapa hipsométrico da bacia do rio Doce, destacando a localização do sistema de lagos na denominada “Depressão Interplanáltica do Médio Vale do Rio Doce” (modificado de Meis & Machado, 1978).

Barbosa & Kohler (1981), Saadi (1991) e Suguio & Kohler (1992) apresentaram evidências geomorfológicas

sugestivas da atuação de mecanismos neotectônicos na formação dos lagos.

Mello *et al.* (1999), através de estudos sismoestratigráficos no Lago Dom Helvécio, explicaram a formação do sistema de lagos, após cerca de 9.000 anos AP, pela atuação de falhas normais relacionadas a evento extensional de idade holocênica reconhecido regionalmente.

Overloop (1981) e Ybert *et al.* (1997), através de estudos palinológicos, consideraram a formação dos lagos como de idade mais recente que 9.000 anos AP. Ybert *et al.* (2000) admitiram que aumentos na ocorrência de algas *Botryococcus* poderiam indicar afundamentos descontínuos da lâmina d'água, favorecendo a hipótese de influência tectônica.

Estudos geoquímicos realizados por Albuquerque *et al.* (1999) concluíram que o desenvolvimento do Lago Dom Helvécio ocorreu após cerca de 9.000 anos cal AP, reconhecendo duas fases distintas, relacionadas a condicionantes paleoclimáticos: a) desde a implantação do lago até cerca de 5.000 anos AP, com baixa profundidade; e b) a partir de 5.000 anos AP, quando teria ocorrido a progressiva elevação do nível do lago, tendo a circulação tornado-se mais lenta por volta de 2.000 anos cal AP.



Figura 2 – Mapa de feições aluviais e corpos lacustres na área do Parque Florestal do Rio Doce, área de maior concentração de lagos na região de estudo (modificado de Barbosa & Kohler, 1981, *in* Mello *et al.*, 1999). Observe os conjuntos de lagos associados a paleocanais e vales entulhados. O Lago Dom Helvécio foi estudado em detalhe.

O trabalho aqui apresentado discute evidências estratigráficas, estruturais e geocronológicas visando contribuir para a compreensão do modelo e da idade de formação do sistema de lagos do médio vale do rio Doce, considerando os mecanismos neotectônicos como o principal controle desta evolução.

## 2. MÉTODOS

Neste trabalho, análises estratigráficas e estruturais de caráter regional fundamentaram a investigação realizada, em detalhe, no sistema de lagos.

Análises estratigráficas dos sedimentos cenozóicos enfatizaram o reconhecimento de superfícies deposicionais (morfoestratigrafia) e das discontinuidades no registro estratigráfico (aloestratigrafia). A área de maior concentração de lagos (Figura 2) foi mapeada, com a utilização de fotografias aéreas, em termos das feições deposicionais quaternárias, tais como terraços fluviais e complexos de rampas de colúvios e alúvio-colúvios. As feições morfológicas mais representativas foram investigadas através de reconstituições estratigráficas de seções expostas (cortes de estrada e barrancos fluviais).

Juntas e falhas afetando os sedimentos cenozóicos foram mensuradas. Uma cronologia de eventos neotectônicos foi estabelecida a partir do controle estratigráfico dos dados estruturais coletados e da análise dos indicadores cinemáticos.

Levantamentos sísmicos de alta resolução (7 kHz) acompanhados de sondagens, com amostrador *Livingstone*, foram realizados no Lago Dom Helvécio, um dos maiores no sistema de lagos estudado.

Os estudos estratigráficos foram complementados por datações radiocarbono, realizadas por *Beta Analytic Inc.* Pôde-se também contar com datação pelo método LOE, apresentada por Tatumi *et al.* (2003).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As análises estratigráficas realizadas permitiram caracterizar um expressivo evento de sedimentação aluvial e coluvial, datado do Holoceno inicial, como responsável pelo entulhamento regional das cabeceiras e vales fluviais. A superfície aluvial bordejada por corpos lacustres identificada por Barbosa & Kohler (1981) - Figura 2 - foi produzida por este evento deposicional holocênico.

Esta sedimentação foi principalmente condicionada por mecanismos neotectônicos ligados a um regime de transcorrência dextral E-W (Mello *et al.*, 1999). Este evento neotectônico gerou altos estruturais de orientação NW-SE, aos quais relacionam-se os depósitos alúvio-colúviais acima referidos. Considerando a história paleoclimática regional proposta por Behling (1995), parece possível afirmar que esta sedimentação teria se iniciado sob condições de transição para clima úmido.

A investigação estratigráfica realizada na desembocadura do Lago Dom Helvécio (Figuras 3 e 4) documentou que o antigo vale tributário onde este lago se formou foi preenchido por sedimentos aluviais e colúviais relacionados ao evento de intensa sedimentação do Holoceno inicial (sedimentos argilosos avermelhados e areno-argilosos castanhos identificados na base dos testemunhos de sondagem 23-S1 e 3-S1, respectivamente).

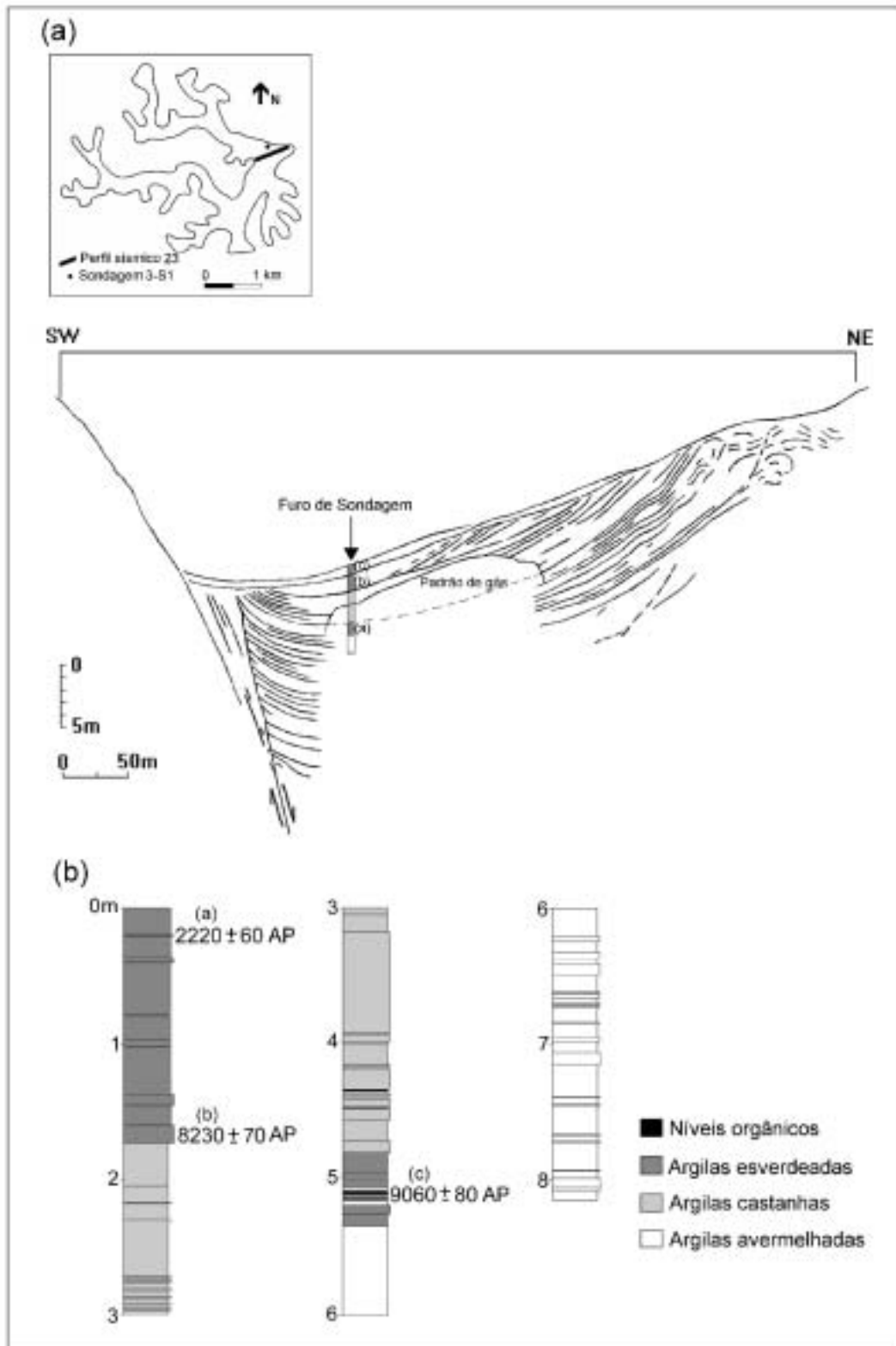


Figura 3 – (a) Perfil sísmico 23 – interpretação sismoestratigráfica (modificado de Mello *et al.*, 1999). Observa-se o padrão estratigráfico registrado na desembocadura do Lago Dom Helvécio, destacando-se claramente a presença de uma falha normal afetando os refletos sísmicos. (b) Perfil estratigráfico 23-S1, descrito na sondagem indicada em (a).

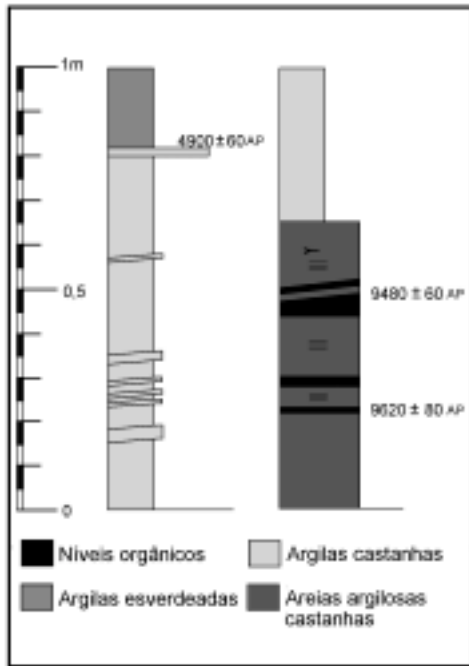


Figura 4 – Perfil estratigráfico 3-S1 (modificado de Mello, 1997). A localização do furo de sondagem onde foi coletado este testemunho está indicada no mapa da Figura 3.

No testemunho 23-S1 (Figura 3), foi identificada uma fina camada de sedimentos argilosos esverdeados, datada em  $9.060 \pm 80$  anos  $^{14}\text{C}$  AP, sobre os sedimentos aluviais da base. Esta camada representa o primeiro registro de sedimentação lacustre, com idade equivalente àquelas encontradas por Ybert *et al.* (1997; 2000) e Albuquerque *et al.* (1999). Acima, neste testemunho, ocorrem sedimentos argilosos castanhos, interpretados como o registro de condições deposicionais flúvio-lacustres. Sedimentos esverdeados tipicamente lacustres foram reconhecidos acima de nível datado em  $8.230 \pm 70$  anos  $^{14}\text{C}$  AP. Próximo ao topo do testemunho, foi obtida a idade de  $2.220 \pm 60$  anos  $^{14}\text{C}$  AP para estes sedimentos.

Destaca-se no perfil sismoestratigráfico 23 (Figura 3) a presença de uma notável estrutura de deformação afetando os refletores sísmicos, relacionada a uma falha normal de orientação NNE-SSW. Investigações ao longo do provável traçado desta falha resultaram em sua observação em afloramento (Figura 5). A identificação desta estrutura tectônica permitiu relacionar a formação do Lago Dom Helvécio a um condicionamento principal pela atuação do regime tectônico holocênico de extensão NW-SE, regionalmente reconhecido (Mello *et al.*, 1999)

É importante destacar que a idade de 2.220 anos foi obtida em sedimentos associados a intervalo sismoestratigráfico não afetado pela estrutura de deformação registrada neste perfil, tendo sido depositados, portanto, após a última movimentação da falha. Também é possível concluir que o falhamento ocorreu entre cerca de 8.230 e 2.220 anos  $^{14}\text{C}$  AP.

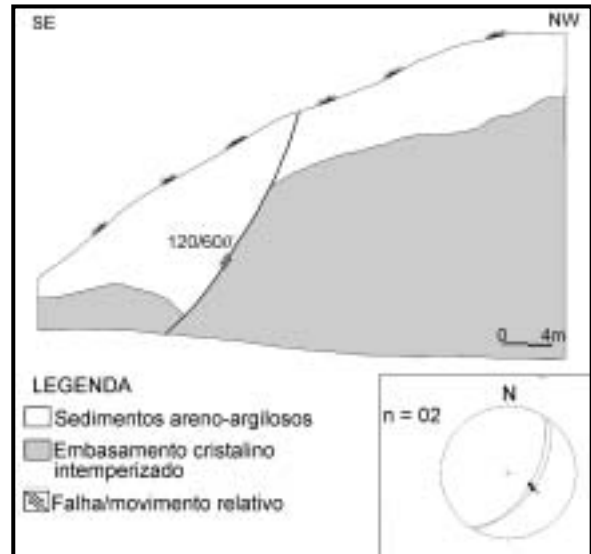


Figura 5 – Falha normal, com orientação N30E/60SE, afetando a cobertura cenozóica (in Sarges, 2002). Estrada entre Ponte Alta e Santo Antônio do Requerente, a 4 km de Ponte Alta.

No perfil estratigráfico do testemunho 3-S1, localizado à margem do Lago Dom Helvécio, sedimentos colúvies intercalados por níveis orgânicos datados em torno de 9.500 anos  $^{14}\text{C}$  AP encontram-se recobertos por sedimentos de origem colúvio-aluvial. Sedimentação tipicamente lacustre só foi verificada neste local após cerca de 5.000 anos  $^{14}\text{C}$  AP. Esta idade parece indicar o momento em que o nível do lago atingiu uma posição próxima a seu nível atual, estando de acordo com os resultados apresentados por Albuquerque *et al.* (1999).

Tatumi *et al.* (2003) dataram, através do método da Luminescência Opticamente Estimada (LOE), sedimentos coletados no paleocanal do rio Doce, obtendo a idade de  $6.700 \pm 500$  anos. Esta idade pode ser assumida como marcador temporal aproximado para a migração do canal do rio Doce para sua posição atual. Este processo fluvial foi relacionado por Mello *et al.* (1999) ao mesmo evento tectônico holocênico de extensão NW-SE que condicionou a formação do Lago Dom Helvécio.

#### 4. CONCLUSÕES

O Lago Dom Helvécio pode ser tomado como modelo para a evolução do sistema de lagos do médio vale do rio Doce. Sua evolução pode ser dividida em fases distintas, relacionadas a sucessões sedimentares características, e condicionadas particularmente por mecanismos neotectônicos, embora as variações paleoclimáticas reconhecidas por outros autores devam ser também consideradas. Sarges (2002) identificou desnivelamentos batimétricos anômalos no fundo de outros sete corpos lacustres deste sistema, que puderam ser relacionados à atuação de falhas neotectônicas.

Uma primeira fase de submersão lacustre ocorreu simultaneamente a um intenso processo de sedimentação aluvial, em torno de 9.000 anos  $^{14}\text{C}$  AP, condicionado por um regime tectônico de transcorrência dextral E-W, reconhecido em outras áreas do Sudeste do Brasil. Neste sen-

tido, o início da evolução lacustre foi causado pela atuação conjunta de mecanismos tectônicos e sedimentares.

Inicialmente, os lagos eram rasos e fortemente influenciados por processos aluviais, o que está documentado na sucessão relativamente espessa de sedimentos com características transicionais fluviais a lacustres. Sedimentos tipicamente lacustres são mais recentes do que cerca de 8.200 anos <sup>14</sup>C AP.

A implantação final dos corpos lacustres foi condicionada por um regime tectônico de extensão NW-SE, sendo o plano de falha identificado na desembocadura do Lago Dom Helvécio a evidência mais significativa. Pode-se concluir que esta movimentação tectônica e o consequente aumento da lâmina d'água ocorreu entre cerca de 8.200 e 2.200 anos <sup>14</sup>C AP.

A idade de cerca de 5.000 anos <sup>14</sup>C AP obtida para os sedimentos lacustres na borda do Lago Dom Helvécio e a idade de cerca de 6.700 anos registrada por Tatum *et al.* (2003) para os sedimentos do paleocanal do rio Doce, cuja migração esteve relacionada ao mesmo condicionamento tectônico de extensão NW-SE, é bastante sugestiva como registro do momento de implantação final do sistema de lagos do médio vale do rio Doce.

#### AGRADECIMENTOS

À FAPESP, pelo suporte financeiro à pesquisa. Ao Dr. Cleverton Guizan Silva (LAGEMAR/UFF), pela colaboração nos levantamentos sismoestratigráficos. Ao Dr. Paulo Eduardo de Oliveira, pelas sondagens realizadas. Ao IEF/MG e à equipe técnica do Parque Florestal do Rio Doce, pelo apoio e infra-estrutura disponibilizada durante os trabalhos de campo.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, A.L.S.; TURCQ, B.; FERNANDES, M.A.; IANELLI, I.C.; CORDEIRO, R.C.; BERTAUX, J. 1999. Paleoambientes holocênicos da Lagoa Dom Helvécio (Minas Gerais). In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 7, Porto Seguro (BA), 1999. *Resumos Expandidos...* CD-Rom

BARBOSA, G. V. & KOHLER, H. C. 1981. O sistema lagunar do Parque Estadual do Rio Doce (MG). *Boletim SBG/MG*, 2:37-46.

BEHLING, H. 1995. A high resolution Holocene pollen record from Lago do Pires, SE Brazil: vegetation, climate and fire history. *J. Paleolimnology*, 14: 253-268.

MEIS, M.R.M & MACHADO, M.B. 1978. A morfologia de rampas e terraços no Planalto do Sudeste do Brasil (médio vale do rio Doce). *Finisterra*, 13(26):199-219.

MEIS, M.R.M & MONTEIRO, A.M.F. 1979. Upper Quaternary "rampas": Doce river valley, Southeastern Brazilian plateau. *Z. Geomorph.*, 23(2):132-151.

MELLO, C.L. 1997. *Sedimentação e Tectônica Cenozóicas no Médio Vale do Rio Doce (MG, Sudeste do Brasil) e suas Implicações na Evolução de um Sistema de Lagos*. São Paulo, 275p. (Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, USP).

MELLO, C.L.; METELO, C.M.S.; SUGUIO, K.; KOHLER, H.C. 1999. Quaternary sedimentation, neotectonics and the evolution of the Doce River Middle Valley lake system (Southeastern Brazil). *Revista do Instituto Geológico*, 20 (1/2): 29-36.

PFLUG, R. 1969. Quaternary lakes of Eastern Brazil. *Photogrammetria*, 24:29-35.

OVERLOOP, E. 1981. Post-glacial to Holocene transition in a peatlayer of Lake Jacare (Rio Doce Basin, Brasil). *Bull. Soc. belge de Géologie*, 90(2):107-119.

SAADI, A. 1991. *Ensaio sobre a Morfotectônica de Minas Gerais*. Belo Horizonte, 285p. (Tese de Professor Titular, Dept<sup>o</sup> de Geografia - IGC/UFMG).

SARGES, R.R. 2002. *Morfologia de Lagos da Região do Médio Vale do Rio Doce, Minas Gerais, e sua Relação com a Tectônica Quaternária*. Rio de Janeiro, 81p. (Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, UFRJ).

SUGUIO, K. & KOHLER, H.C. 1992. Quaternary barred lake systems of the Doce river (Brazil). *An. Acad. bras. Ciênc.*, 64(2):183-191.

TATUMI, S.H.; PEIXOTO, M.N.O.; MOURA, J.R.S.; MELLO, C.L.; CARMO, I.O.; KOWATA, E.A.; YEE, M.; BRITO, S.L.M.; GOZZI, G.; KASSAB, L.R.P. 2003. Optical dating using feldspar from Quaternary alluvial and colluvial sediments from SE Brazilian Plateau, Brazil. *Journal of Luminescence*, 102/103: 566-570.

YBERT, J-P.; ALBUQUERQUE, A.L.S.; TURCQ, B. 1997. Evolução paleoclimática e paleambiental na região do vale médio do rio Doce (Minas Gerais, Brasil). In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 6, Curitiba (PR), 1997. *Resumos Expandidos...*, p. 511-514.

YBERT, J-P; TURCQ, B.; ALBUQUERQUE, A.L.S.; COCQUIT, C. 2000. Évolution paléocologique et paléoclimatique holocène dans région moyenne du Rio Doce (Minas Gerais, Brésil) déduite de l'analyse palynologique de deux carottes du lac Dom Helvécio. In: SERVANT, M. & SERVANT-VILDARY, S. (eds.). *Dynamique à long terme des écosystèmes forestiers intertropicaux*. UNESCO, p. 413-421.