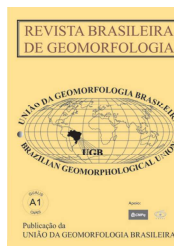


www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 19, nº 4 (2018)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v19i4.1341>



APLICAÇÃO DA LUMINESCÊNCIA OPTICAMENTE ESTIMULADA (LOE) COMO SUBSÍDIO AOS ESTUDOS DE CAPTURAS FLUVIAIS QUATERNÁRIAS: O CASO DA SERRA DA MANTIQUEIRA (ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS)

APPLICATION OF OPTICALLY STIMULATED LUMINESCENCE (OSL) AS A SUBSIDY TO QUATERNARY FLUVIAL PIRACY STUDIES: THE CASE OF SERRA DA MANTIQUEIRA (ZONA DA MATA OF MINAS GERAIS)

Leticia Augusta Faria de Oliveira

*Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Antônio Carlos, 6.627, Belo Horizonte, Minas Gerais. CEP 31270-901. Brasil
E-mail: leticia.afoliveira@gmail.com*

Guilherme Eduardo Macedo Cota

*Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Antônio Carlos, 6.627, Belo Horizonte, Minas Gerais. CEP 31270-901. Brasil
E-mail: guilhermebhmg@hotmail.com*

Laura Bertolino de Souza Lima

*Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Antônio Carlos, 6.627, Belo Horizonte, Minas Gerais. CEP 31270-901. Brasil
E-mail: laurasouzalima@yahoo.com.br*

Antônio Pereira Magalhães Junior

*Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Antônio Carlos, 6.627, Belo Horizonte, Minas Gerais. CEP 31270-901. Brasil
E-mail: magalhaesufmg@yahoo.com.br*

Alex de Carvalho

*Campus Ouro Preto, Instituto Federal de Minas Gerais
Rua Pandiá Calógeras, 898, Ouro Preto, Minas Gerais. CEP 35400-000. Brasil
E-mail: alex.carvalho@ifmg.edu.br*

Informações sobre o Artigo

Recebido (Received):
29/05/2018
Aceito (Accepted):
18/07/2018

Resumo:

A Luminescência Opticamente Estimulada (LOE) é uma das técnicas de datação absoluta de sedimentos quaternários baseada em danos causados por radiação em materiais geológicos. A LOE se fundamenta no fato de que parte dessas mudanças não é reversível e aumenta linearmente com o tempo de exposição do mineral à radiação. Na Zona da Mata de Minas Gerais, a investigação de sedimentos

Palavras-chave:

Luminescência Opticamente Estimulada (LOE), capturas fluviais, geomorfologia fluvial.

Keywords:

Optically Stimulated Luminescence (OSL), fluvial piracy, fluvial geomorphology.

fluviais permitiu o reconhecimento de capturas fluviais de afluentes do rio Doce por afluentes do rio Paraíba do Sul. Foi realizada a datação absoluta de sedimentos dos vales dos rios São Manuel e Bagres para subsidiar análises cronológicas dos processos de captura. Deste modo, pôde-se discutir as possibilidades e limitações da técnica quando aplicada em depósitos fluviais no Brasil. A LOE continua sendo uma das técnicas de datação absoluta de sedimentos mais utilizada no mundo, apresentando inegáveis contribuições aos trabalhos de reconstituição paleoambiental. Entretanto, a sua aplicação em sedimentos de ambientes tropicais úmidos e com relevo serrano deve ser realizada com cautela, já que sua eficiência

pode ser comprometida por processos de coluvionamento e pedogênese.

Abstract:

Optically Stimulated Luminescence (OSL) is one of the absolute dating techniques of quaternary sediments based on radiation damage in geological materials. The OSL is based on fact that part of the changes is not reversible and increases linearly with the exposure time of the mineral to the radiation. In the Zona da Mata region of Minas Gerais state, a survey of river sediments allowed a proposal of fluvial piracy of Rio Doce tributaries by the Paraíba do Sul ones. Sediments absolute dating from the São Manuel and Bagres river valleys was performed to support chronological analyzes of the capture processes. In this way, the LOE possibilities and limitations could be discussed when applied in the Brazilian context. LOE continues to be one of the most widely used sediment absolute dating techniques in the world, presenting undeniable contributions to paleoenvironmental reconstruction works. However, its application in sediments of tropical humid environments and mountain relief should be carried out with caution, since its efficiency can be compromised by colluvionation and pedogenesis processes.

Introdução

São variados os tipos de evidências que podem ser empregados na reconstituição da dinâmica fluvial pretérita de cursos d'água. Para curtas escalas de tempo, variáveis como vazões, taxas de erosão de margens e de transporte de sedimentos no leito podem ser monitorados diretamente em campo. Pode-se, ainda, comparar feições atuais àquelas identificáveis em documentos antigos, como mapas ou fotografias aéreas. Entretanto, muitos estudos requerem a investigação da dinâmica evolutiva da drenagem em escalas de tempo maiores. Para tal, os sedimentos fluviais podem representar eficientes registros do passado, embora com as limitações de sua fragmentação espaço-temporal. Os estudos que visam à compreensão da evolução da rede de drenagem ao longo do Quaternário, por sua vez, valem-se de depósitos aluviais atuais e pretéritos, os quais, com frequência, podem fornecer informações sobre as condições paleoambientais atuantes durante ou após os eventos deposicionais.

A compreensão dos processos geomorfológicos é um desafio geralmente complexo, uma vez que feições semelhantes podem ter sido geradas por processos distintos (LEOPOLD *et al.*, 1964), além dos registros disponíveis nem sempre apresentarem-se bem

preservados, sobretudo em regiões de clima tropical e relevo serrano. Embora os registros deposicionais fluviais sejam raramente completos o suficiente para compor modelos preditivos precisos, eles fornecem informações contextuais que podem direcionar estudos de detalhe e que associem diferentes metodologias (JACOBSON *et al.*, 2003).

A cronologia de eventos deposicionais fluviais é uma das principais estratégias geomorfológicas empregadas na compreensão das respostas da rede de drenagem aos condicionantes naturais e antrópicos (JAIN *et al.*, 2004). O desenvolvimento de técnicas que permitem a datação de sedimentos aluviais é, portanto, passo significativo para avanços nos estudos da geomorfologia fluvial. Dentre as várias técnicas aplicadas na datação absoluta de eventos quaternários, estão as baseadas em danos causados por radiação em materiais geológicos. Técnicas baseadas na luminescência se valem das mudanças que ocorrem em alguns minerais decorrentes de suas interações com partículas α e β , radiação- γ e raios cósmicos, e do fato de que algumas destas mudanças não são reversíveis e aumentam linearmente com o tempo de exposição do mineral à radiação (SALLUN *et al.*, 2007). Para utilização das referidas técnicas, entretanto, o ideal é

que o sedimento a ser datado tenha sido depositado em região tectonicamente estável e na qual o relevo e o clima posterguem os processos pedogenéticos e não sejam sobremaneira favoráveis a processos de vertente. Isso porque, para assegurar que a idade mensurada esteja ligada à deposição (e não a eventos posteriores), deve ser observado o estado de preservação do depósito, evitando-se materiais recentemente expostos aos raios solares, bem como horizontes bioturbados por animais (zooturbações) e plantas (fitoturbações) e horizontes pedogenéticos, que podem ocasionar subestimação da idade do depósito graças ao zeramento parcial ou completo do sinal luminescente ocasionado por estes processos. Sallun *et al.* (2007) recomendam a abertura de uma trincheira, de modo a retirar sedimentos superficiais, que possam ter caído de porções superiores do próprio depósito. Em regiões submetidas à atividade tectônica, com eventual reativação de falhas, o aumento de temperatura pode eliminar a luminescência previamente adquirida. Bioturbações, além de poderem expor os sedimentos à luz solar, causam o revolvimento e mistura de materiais de diferentes profundidades. Os processos de coluvionamento expõem os sedimentos à luz solar, zerando o sinal luminescente.

No sudeste do Brasil, sobretudo em Minas Gerais, são observados planaltos escalonados com nítidos degraus morfológicos drenados por diferentes bacias hidrográficas (CHEREM *et al.*, 2013). Os degraus resultam do potencial erosivo diferencial das cabeceiras de drenagem, o que favorece processos de capturas fluviais. Estas capturas reordenam a rede hidrográfica a partir da indução à busca de novos perfis de equilíbrio e à alteração da morfologia dos canais envolvidos: captores, capturados, decapitados e afluentes diretos (CHEREM *et al.*, op. Cit.). Na Zona da Mata de Minas Gerais, cursos d'água pertencentes à bacia do Rio Paraíba do Sul drenam a vertente oceânica da Serra da Mantiqueira, enquanto a porção continental da Serra é drenada pela bacia do Rio Doce. A escarpa é muito mais pronunciada em sua vertente oriental, sobretudo nas proximidades do município de São Geraldo, onde um degrau morfológico foi formado entre as bacias dos rios Doce e Paraíba do Sul, estando, a primeira, em cotas altimétricas bastante superiores. A divisão entre as bacias se dá por um interflúvio recuado em relação à escarpa da Serra da Mantiqueira. Ocorrem, ainda, morros residuais anteriormente pertencentes ao planalto drenado por afluentes do Rio Doce e que, atualmente,

são drenados pela bacia do Rio Pomba (RAPOSO; SALGADO, 2010). Essas feições foram interpretadas pelos autores como indícios da expansão da bacia do Rio Pomba sobre a área da bacia do Rio Doce.

A geometria e organização espacial da rede de drenagem sugerem que os cursos d'água da bacia do Rio Pomba (afluente de margem esquerda do Rio Paraíba do Sul) capturaram canais pertencentes à bacia do Rio Doce. Alterações bruscas na direção do canal (*elbow of capture*, ou cotovelos), com ocorrência de trecho de elevado gradiente à jusante do ponto de inflexão do curso d'água, vales secos e interflúvios rebaixados são elementos tipicamente associados aos processos de captura fluvial (BISHOP, 1995). Lisboa e Castro (1998), Silva *et al.* (2006), Santos e Oliveira (2008), Oliveira (2010) e Cherem *et al.* (2013) identificaram evidências de capturas fluviais em diferentes contextos geomorfológicos do sul e sudeste brasileiros a partir da observação destes elementos geomorfológicos.

Processos de captura alteram expressivamente as características morfológicas das vertentes e, tratando-se de uma área de interflúvio entre duas grandes bacias hidrográficas brasileiras (Rio Doce e Rio Paraíba do Sul), tais processos podem ser frequentes e relevantes para a compreensão da evolução do relevo regional (CHEREM, 2009; RAPOSO e SALGADO, 2010; CHEREM *et al.*, 2013). Capturas fluviais interferem na capacidade e competência dos cursos d'água envolvidos, deixando registros nos depósitos aluviais gerados posteriormente, tanto à montante quanto à jusante dos locais de sua ocorrência.

Este trabalho objetiva investigar e discutir as contribuições das datações de sedimentos deposicionais fluviais via LOE para a caracterização e interpretação das capturas fluviais identificadas na área de estudo (nos vales dos rios São Manuel e dos Bagres). Discute-se as possibilidades e limitações da técnica quando aplicada em sedimentos depositados nestes contextos de clima tropical e relevo serrano uma vez que, embora não se trate do contexto ideal para sua utilização (pelos motivos já explicitados), ela ainda vem se mostrando viável e assertiva em estudos nacionais de geomorfologia fluvial.

Luminescência Opticamente Estimulada (LOE)

A luminescência é a propriedade física de materiais cristalinos ou vítreos previamente submetidos a radiações ionizantes (raios cósmicos e isótopos

radioativos) de emitir luz em resposta a algum estímulo externo (SALLUN e SUGUIO, 2006, SALLUN *et al.*, 2007). Esse estímulo pode ser óptico (Luminescência Opticamente Estimulada – LOE; ou Luminescência Estimulada por Raios Infravermelhos - LERI), térmico (Termoluminescência - TL), químico (Quimioluminescência), dentre outras possibilidades (SALLUN *et al.*, 2007).

As datações de depósitos quaternários por luminescência são empregadas em pesquisas geomorfológicas em diferentes países, embora no Brasil ainda sejam relativamente pouco empregadas e, por vezes, desacreditadas (SALLUN *et al.*, 2007). A TL foi muito utilizada até o surgimento da LOE. Esta possui, entretanto, uma abordagem teórica mais coerente do que a primeira (SILVA e CORRÊA, 2009), sobretudo quando aplicada a depósitos sedimentares de ambientes aquosos. O mecanismo de liberação das cargas aprisionadas a partir de foto-estímulo (decorrente da iluminação solar) é mais próximo do natural do que o mecanismo térmico, utilizado pela TL. São duas as subdivisões da LOE, de acordo com o comprimento de onda da fonte luminescente: LEIF – Luminescência do Infravermelho, para o feldspato potássico e LLV – Luminescência de Luz Verde, para o quartzo (CORRÊA *et al.*, 2008).

As técnicas de datação por TL e LOE permitem obter idades que variam de poucas dezenas de anos até cerca de 1,5 Ma anos, conforme as características das amostras, a sensibilidade dos equipamentos de medida de luminescência e os níveis de radiação ambiental dos depósitos (SALLUN e SUGUIO, 2006). Além de um maior alcance temporal, as técnicas baseadas na luminescência apresentam outra vantagem sobre os demais procedimentos de datação de sedimentos recentes (como o radiocarbono – C^{14}): a exploração de uma propriedade física inerente aos minerais encontrados no próprio depósito (CORRÊA *et al.*, 2008). O C^{14} requer a presença de matéria orgânica, fator limitante em muitos casos. A datação por LOE demanda apenas grãos de quartzo ou de feldspato adequadamente expostos à luz solar antes de sua estabilização no depósito a ser analisado. Sendo estes minerais de ampla ocorrência nos diversos tipos de depósitos aluvio/coluvionares quaternários, a LOE facilita esse tipo de análise (MISSURA e CORRÊA, 2007).

Técnicas como a datação de superfícies de terraços fluviais a partir de isótopos cosmogênicos e de

carbonatos pedogênicos pela série de urânio fornecem, segundo Rittenour (2008), as idades mínimas de deposição dos sedimentos e de abandono da forma de relevo. Já a LOE permite a datação do último evento que expôs o sedimento à luz do dia e pode, portanto, fornecer a idade do processo deposicional com maior precisão. O sinal luminescente lido em laboratório é armazenado no mineral durante todo o intervalo de tempo em que este se encontra ao abrigo de luz solar e em contato com as radiações ambientais.

Cabe ressaltar que, para que haja precisão no cálculo da idade pelo método de LOE, a radiação ambiental deve ter se mantido homogênea ao longo do tempo considerado, sem que tenha ocorrido substancial desequilíbrio devido a fatores externos, como um acentuado intemperismo químico (CORRÊA *et al.*, 2008). O intenso intemperismo químico promove a dissolução de minerais primários e a formação de minerais secundários de granulação fina, seguido de sua migração vertical e acumulação em níveis inferiores, o que pode afetar os valores das doses de radiação (AITKEN, 1998, WAGNER, 1998 apud SALLUN *et al.*, 2007). Durante a evolução de um perfil de alteração por intemperismo, o surgimento de poros e o seu preenchimento por argilominerais podem causar mudanças na concentração de elementos radioativos (JEONG *et al.*, 2007), por isso depósitos nos quais os processos pedogenéticos se mostram avançados não são ideais para coleta de sedimentos a serem datados via LOE.

A leitura do sinal luminescente pode ser feita de duas maneiras: a técnica de alíquotas múltiplas (*multiple aliquot regenerative-dose* – MAR) e a técnica de alíquotas únicas (*single aliquot regenerative-dose* – SAR). Pela MAR, as medições são feitas em cerca de 20 a 40 grãos minerais, nos quais são aplicadas diferentes doses de radiação e os resultados permitem delinear uma curva de crescimento, que representa a resposta da luminescência do material à radiação (LI e WINTLE 1992). Pela SAR, são feitas muitas medidas de luminescência sobre grãos individuais, o que possibilita diminuir o erro nas medidas e identificar se o sinal de luminescência foi completamente zerado em todos os grãos (SALLUN *et al.*, 2007). Em geral, a SAR é considerada mais precisa. Quando os dados obtidos por MAR apresentam elevada dispersão, devem ser realizadas medidas por SAR para aumentar a confiabilidade dos resultados (LI, 1994; SALLUN *et al.*,

2007; SAWAKUCHI *et al.*, 2008; MOURA-LIMA *et al.*, 2010). O protocolo SAR é detalhadamente descrito em Murray e Olley (2002).

O método de LOE necessita que o sinal luminescente acumulado no mineral a ser datado tenha sido zerado durante o último ciclo de transporte e deposição para que a medida da luminescência em laboratório esteja relacionada apenas à radiação recebida pelo cristal no depósito sedimentar. Um esvaziamento incompleto do sinal luminescente leva à superestimação da idade do depósito. Há, entretanto, diversas comprovações da viabilidade do uso da LOE para a datação de sedimentos fluviais. Murray e Olley, (2002) concluem que alguns grãos de quartzo podem ter seu sinal luminescente completamente eliminado mesmo sendo transportados por fluxos de elevada turbidez. Os autores comparam as idades obtidas por LOE com aquelas obtidas por outros métodos, ou com idades historicamente conhecidas para depósitos sedimentares recentes, e observam similaridade em muitos casos.

Em contraposição, pode ocorrer a subestimação da idade do depósito graças a eventos e processos pós-deposicionais que zeram parcial ou completamente o sinal luminescente dos sedimentos. São os casos, já mencionados, de horizontes bioturbados, horizontes pedogenéticos e depósitos coluvionados, por exemplo.

Diante de ambas as possibilidades de incongruência das idades obtidas (sobre ou subestimação), é necessário que o pesquisador tenha um bom controle de campo que o permita questionar e interpretar de maneira crítica os resultados obtidos. O conhecimento acerca de outros estudos que aplicaram a LOE, dos resultados, interpretações e críticas à técnica desenvolvidas pelos autores fornece, igualmente, mais elementos para detectar incongruências nos resultados.

Procedimentos Metodológicos

O trabalho foi iniciado com a análise de feições morfológicas, aspectos geológicos e padrão de drenagem dos afluentes do Rio Pomba que drenam a escarpa da Serra da Mantiqueira e dos canais a estes opostos pelo divisor hidrográfico, pertencentes à bacia do Rio Doce e drenando o Planalto de Campos das Vertentes (Projeto RADAM BRASIL, 1983). Por meio de imagens de satélite de alta resolução no

Google Earth®, de cartas topográficas do IBGE na escala 1:250.000 (folhas Ponte Nova e Juiz de Fora) e de mapas geológicos na escala 1:100.000 (folhas Ubá e Rio Pomba), foram pré-selecionados vales que apresentassem elementos indicativos de processos de captura fluvial (alterações bruscas na direção do canal - ou cotovelos, com ocorrência de trecho de elevado gradiente à jusante do ponto de inflexão do curso d'água, vales secos e interflúvios rebaixados). Foram consultadas, ainda, obras referentes à área de estudo, visando à melhor compreensão de suas características e objetivando tomar conhecimento do “estado-da-arte” das pesquisas na região.

Os depósitos foram observados e descritos quanto a sua posição em relação ao curso d'água atual (desnível em relação à lâmina d'água), seu contexto espacial no vale (altitude e distribuição montante/jusante), a composição granulométrica, presença de estruturas deposicionais e espessura das fácies, incluindo o tipo de transição entre as mesmas. Nas fácies de seixos, observou-se o tamanho médio dos clastos, sua litologia, grau de arredondamento e distribuição (orientação ou granocrescência).

Foram investigados os vales de dois afluentes do Rio Pomba: os rios São Manuel e dos Bagres, ambos envolvidos em processos de captura fluvial. A captura do alto curso do Rio dos Bagres foi previamente estudada por Cherem *et al.* (2013). Um perfil de cada nível escolhido foi descrito mais detalhadamente e teve amostras de seus sedimentos coletadas para a datação absoluta. Para a escolha dos perfis, foi levada em conta a representatividade destes em relação aos demais referentes ao mesmo nível deposicional, sua localização no vale, a disponibilidade de material datável (quartzo na fração arenosa) e as condições de coleta.

Para a datação dos sedimentos, foram coletadas quatro amostras da fração arenosa o mais próximo possível do contato com a fácies de seixos (não foram feitas coletas em lentes arenosas pertencentes à fácies de seixos, nem nas porções superiores dos depósitos). O topo dos pacotes aluviais sofreu maior alteração por processos erosivos e pedológicos durante o Quaternário, não sendo objeto, portanto, da coleta de sedimentos para datação por LOE. Além disso, observou-se a necessidade de se manter um padrão na coleta quanto à parcela da fácies fina a ser datada. Uma vez que o período de deposição de finos pode durar até milhares

de anos em um mesmo nível deposicional, a idade obtida a partir da datação da base da fácies arenosa responde quando se iniciou o período deposicional, ao passo que a datação do topo dessa fácies corresponde à idade do final daquela fase. Nessa situação ficaria inviabilizada, portanto, a comparação das idades obtidas para níveis consecutivos.

As quatro amostras foram datadas no Laboratório de Vidros e Datação da Faculdade de Tecnologia de São Paulo (FATEC). A preparação e análise das mesmas foram feitas pelo método de alíquotas únicas (*single aliquot regenerative-dose* – SAR).

Caracterização da área

O Rio São Manuel drena o Planalto de Campos das Vertentes (Projeto RADAM BRASIL, 1983), em área de ortognaisses do Complexo Mantiqueira. Suas cabeceiras situam-se à montante do distrito de São José da Soledade, a altitudes próximas aos 900 m.

Verificam-se mudanças bruscas de direção no alto-médio curso. O canal, que desde suas cabeceiras até poucos quilômetros à jusante de São José da Soledade, apresenta direção preferencial N-S, passa, então, a orientar-se NE-SW. Esse ponto de inflexão da drenagem localiza-se próximo ao divisor das bacias dos rios Doce e Paraíba do Sul. Especificamente nesse trecho, tal interflúvio apresenta-se rebaixado (inferior a 20 m), sendo pouco marcado na paisagem. Próximo às coordenadas 686000E; 7664000N (23S), o Rio São Manuel sofre nova inflexão e voltar a alinhar-se N-S. Entre os dois pontos de alteração da direção da drenagem, o vale apresenta controle estrutural: a drenagem torna-se bastante retilínea e o vale torna-se inacessível, por tratar-se de área de alta declividade. Os trechos encachoeirados estabelecem importante nível de base local, diferenciando, em termos de gênese, dinâmica e evolução, as porções do vale à jusante e à montante dos mesmos.

No trecho à montante da primeira alteração da direção de drenagem (o qual, neste trabalho, foi descrito como o trecho capturado), o canal é estreito, frequentemente raso e meandrante. Ocorrem três níveis deposicionais aluviais, sendo um deles relacionado à dinâmica atual e dois relativos a episódios pretéritos de sedimentação (OLIVEIRA, 2012).

Já as cabeceiras do Rio dos Bagres situam-se a

até 1100 m de altitude, nas proximidades do distrito de Santo Antônio da Ventania. Ainda em seu alto curso, o canal também apresenta uma mudança brusca de direção (de SE-NW para NE-SW), que configura um cotovelo na paisagem, semelhante aos identificados no Rio São Manuel. À jusante desse cotovelo, o Rio dos Bagres drena a escarpa da Serra da Mantiqueira, apresentando, portanto, gradiente elevado. A partir de então, o canal adquire direção NE-SW, alinhado com o sistema de falhas que estabelece o contato entre os Complexos Mantiqueira e Juiz de fora (o vale é esculpido sobre rochas pertencentes ao primeiro).

O alto curso do Rio dos Bagres, à montante do ponto de inflexão da drenagem, insere-se no Planalto de Campos das Vertentes (Projeto RADAM BRASIL, 1983). O vale capturado não apresenta gradiente elevado, havendo corredeiras esparsas e poucos trechos de afloramentos do substrato rochoso na calha. Meandros abandonados são comuns em todo esse trecho do vale. A corredeira mais pronunciada configura um nível de base local bem marcado, onde o canal apresenta-se encachoeirado e à jusante do qual o vale apresenta-se mais dissecado. Não há indícios de que este trecho do Rio dos Bagres tenha estado submetido por longo período de tempo a intenso processo de dissecção; trata-se, em geral, de um trecho de vale aberto, pouco encaixado para um contexto de alto curso. Não há interflúvios pronunciados que delimitem o vale, e a planície é lateralmente extensa em ambas as margens. Depósitos referentes a níveis antigos de sedimentação são encontrados apenas no fundo do vale (OLIVEIRA, 2012).

Resultados e Discussões

A pesquisa foi realizada com base no estudo dos vales dos rios São Manuel e dos Bagres. Já a escolha dos perfis a serem datados foi baseada na representatividade do perfil em relação aos demais do mesmo nível deposicional; e nas características dos depósitos, buscando-se sempre o perfil onde ficasse facilitada a coleta e houvesse maior probabilidade de que a LOE fornecesse a idade da deposição fluvial (sem que fosse influenciada por eventos posteriores, como coluvionamentos). Os pontos nos quais foram coletadas as amostras são apresentados na Figura 1 e as idades obtidas na Tabela 1.

Tabela 1: Nível deposicional, concentrações de Th (Tório), U (Urânio) e K (Potássio), dose anual, dose acumulada, idade e desnível do ponto de coleta para a lâmina d'água.

Amostra	Depósito	Th (ppm)	U (ppm)	K (%)	Dose Anual (Gy)	Dose Acumulada (Gy)	Idade (anos)	Desnível do ponto de coleta para o rio atual (m)	Desnível da base do nível para o rio atual (m)
1	Afluente do Trecho A do Rio São Manuel (Paleocontinuação do Trecho A do Rio São Manuel).	20,742 ± 0,747	5,611 ± 0,518	0,086 ± 0,012	3.300 ± 200	36,4	10.800 ± 1.200	~10	~10
2	Trecho A do Rio dos Bagres.	10,359 ± 0,373	3,223 ± 0,741	0,719 ± 0,104	2.600 ± 300	7,3	2.800 ± 400	1,2	nenhum
3	Córrego Caramonas (Paleocontinuação do alto curso do Rio São Manuel).	13,464 ± 0,485	5,611 ± 0,112	0,570 ± 0,083	3.200 ± 150	88,5	27.000 ± 2.500	~11	~11
4	Córrego da Taboa (Paleocontinuação do alto curso do Rio dos Bagres).	7,412 ± 0,267	1,374 ± 0,065	0,067 ± 0,010	1.230 ± 50	11,0	9.000 ± 800	1	nenhum

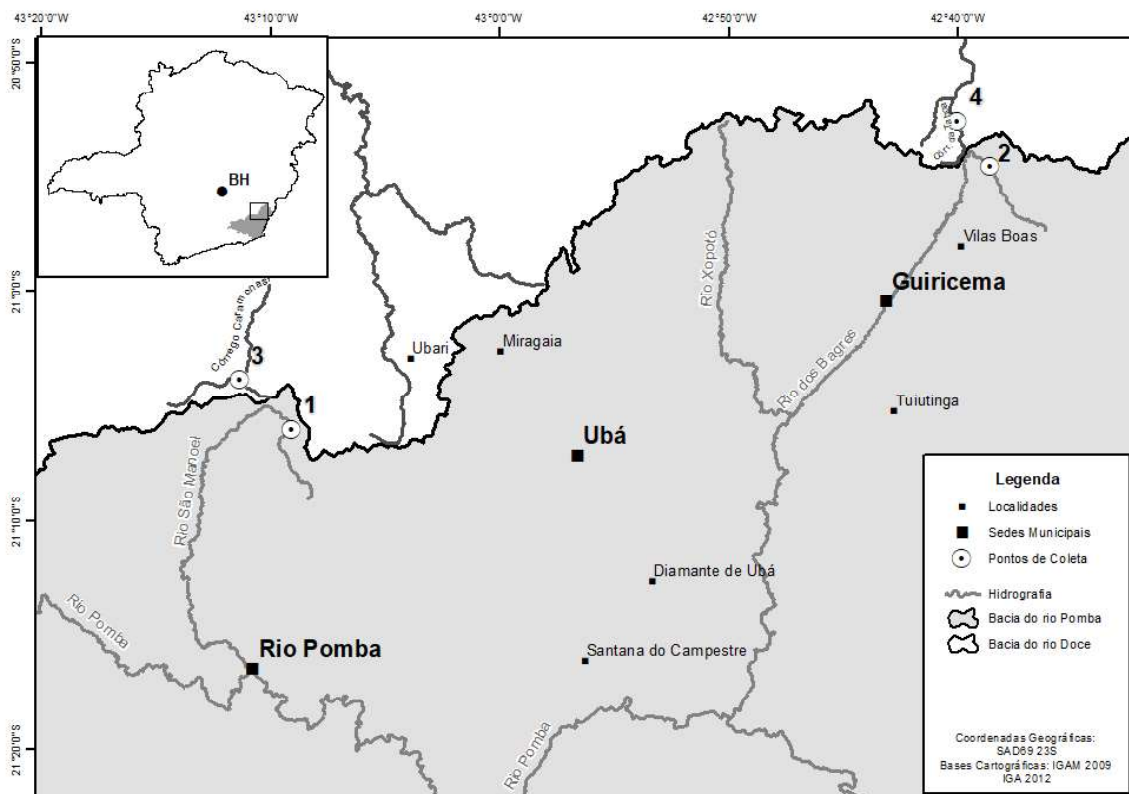


Figura 1 - Localização dos vales estudados e dos pontos de coleta de amostras de sedimentos para datação.

Quatro amostras foram coletadas visando-se corroborar a ocorrência de capturas fluviais nos vales estudados (Figura 1). Foram datados depósitos fluviais, a princípio, relativos a um mesmo evento deposicional,

um deles situado no trecho capturado (amostras 1 e 2) e outro no canal fluvial com o qual o referido segmento estaria conectado até a ocorrência da captura (amostras 3 e 4).

No vale do Rio São Manuel, a datação do depósito pertencente à bacia do Rio Pomba (amostra 1) e do depósito estratigraficamente semelhante e relativamente análogo, em termos de contexto do vale de um curso d'água da bacia do Rio Doce (amostra 3), teve por objetivo fomentar a hipótese da ocorrência de captura fluvial desse vale. Neste caso, o alto curso do Rio São Manuel seria, no passado, afluente do Córrego Caramonas e pertencia, portanto, à bacia do Rio Doce. Os depósitos não apresentaram idades próximas. Ainda assim, diante das feições identificadas nesse vale por sensoriamento remoto e em trabalhos de campo, não se deve desconsiderar a possibilidade de erro nos resultados laboratoriais e de veracidade da hipótese evolutiva proposta, uma vez que há diversos indícios que vão ao encontro do que é apresentado na literatura como feições tipicamente originadas por processos de captura fluvial.

No vale do rio São Manuel, um sistema de falhas

ou zona de cisalhamento de direção preferencial NE-SW é conhecido e mapeado exatamente no trecho do curso d'água que apresenta igual direção, e que interliga os trechos cuja orientação é preferencialmente N-S (Figura 2). Essa configuração da rede de drenagem aponta para a possibilidade da evolução fluvial do curso d'água hoje denominado São Manuel ter se dado por meio de um paleo-afluente do que atualmente se constitui como médio curso do Rio São Manuel. Este afluente estaria encaixado no sistema geológico citado e o condicionamento estrutural teria favorecido a sua erosão remontante mais acelerada. Desse processo teria resultado o rompimento do interflúvio que, então, dividia as bacias dos rios Doce e Paraíba do Sul. Suceder-se-ia, então, a captura de um antigo afluente do Córrego Caramonas, pertencente à bacia do Rio Doce. Atualmente, esse canal capturado e o paleo-afluente do Rio São Manuel responsável pela captura fluvial (canal captor) são denominados Rio São Manuel.

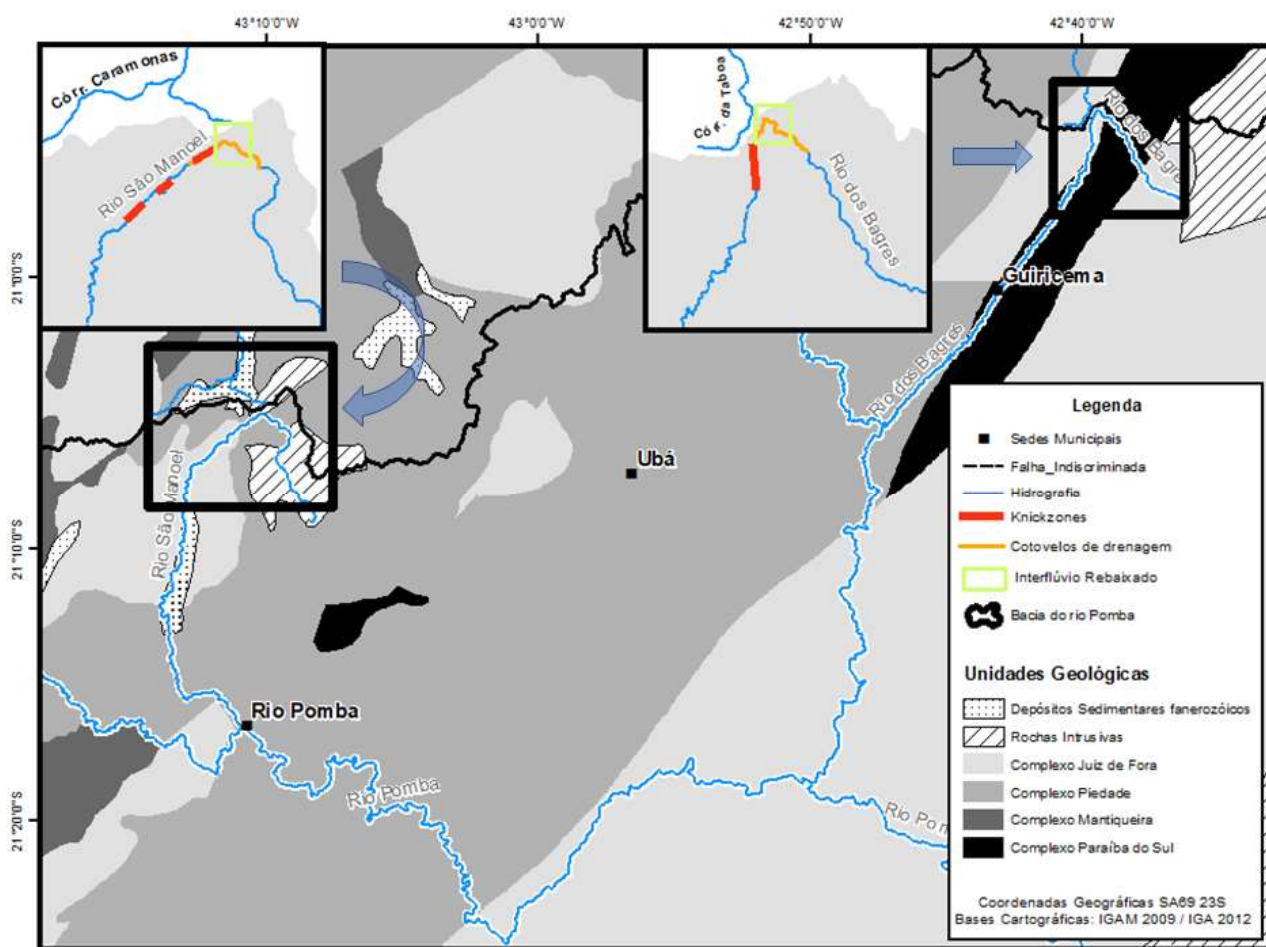


Figura 2 - Quadro geológico e feições que indicam a ocorrência de capturas fluviais.

O laboratório argumentou que, em relação às amostras 1 e 3, referentes à captura do Rio São Manuel, as doses anuais são próximas e questionou a possibilidade de retrabalhamento do solo. Em campo, entretanto, não é observada diferença entre o grau de pedogênese dos perfis nos quais as amostras foram coletadas. Embora a datação destas amostras pudesse servir como um argumento a mais para garantir a ocorrência da captura fluvial do alto curso do Rio São Manuel e para balizar o momento de sua ocorrência, os indícios de campo são suficientes para confirmar a ocorrência dessa captura, seja pela organização da drenagem, tipologia, estratigrafia ou contexto no vale dos depósitos datados.

Não obstante, a LOE pode apresentar problemas, sobretudo quando se trata da datação de depósitos fluviais já incorporados ao contexto de vertente, onde processos de coluvionamento expõem os sedimentos à luz solar, zerando o sinal luminescente (SALLUN *et al.*, 2007). Coluvionamentos recentes (Pleistoceno tardio-Holoceno) na Serra da Mantiqueira foram identificados, entre outros, por Modenesi (1992), que os atribui às variações climáticas e às reativações tectônicas deste período, e por Missura e Corrêa (2007), que dataram sedimentos coluviais via LOE e concluíram que os mesmos decorrem de respostas do sistema geomorfológico local às mudanças climáticas do Pleistoceno Superior. Soma-se ainda, outros processos pós-deposicionais que zeram parcial ou completamente o sinal luminescente dos sedimentos, tais como eventual reativação de falhas, quando o aumento de temperatura poderá eliminar a luminescência previamente adquirida, e bioturbações que podem expor os sedimentos à luz solar e causar o revolvimento e mistura de materiais de diferentes profundidades (SALLUN *et al.*, 2007). A reativação (inclusive holocênica) de falhamentos antigos no sudeste do Brasil foi amplamente descrita na literatura, em trabalhos como Riccomini *et al.* (1989); Salvador e Riccomini (1995); Modenesi-Gauttieri *et al.* (2002) e Silva e Limeira Melo (2011). Segundo Hasui (1990), estes mecanismos neotectônicos aproveitam-se parcialmente de planos de fraqueza desenvolvidos durante fases tectônicas anteriores. A datação, via LOE, de sedimentos aluviais na região da Serra da Mantiqueira já foi descrita por Oliveira *et al.* (2014), entretanto para sedimentos recentes que ainda ocorrem em contexto de fundo de vale.

O Rio dos Bagres também apresenta feições associadas a processos de captura fluvial (Figura 2). O alto curso pertenceria à bacia do Rio Doce e teria sido incorporado à bacia do Paraíba do Sul graças à erosão remontante do médio curso, o qual rompeu o interflúvio que dividia ambas as bacias. O padrão predominantemente retilíneo do Rio dos Bagres está associado ao sistema de falhas de empurrão, e esse condicionamento estrutural pode estar associado à captura fluvial desencadeada: o aproveitamento das linhas de falha pela drenagem, associada ao elevado gradiente do rio na escarpa, teria favorecido a erosão remontante até que ele atravessasse o interflúvio e se conectasse com um curso d'água da bacia do Rio Doce.

A captura fluvial alterou o nível de base local do alto curso (trecho capturado), o que normalmente culmina em um período erosivo pronunciado, seguido de uma relativa regularização do perfil longitudinal do canal. No Rio dos Bagres, nem mesmo um período bem marcado de incisão da drenagem é observado: os níveis deposicionais aluviais apresentam embutimento total ou parcial. Cherem *et al.* (2013) classificaram a captura do Rio dos Bagres como uma captura em estágio inicial, na qual o vale do canal capturado preserva suas cotas altimétricas originais, ainda sendo morfologicamente contínuo ao trecho não capturado. A incisão fluvial restringe-se à calha fluvial e é de 2,5 m em relação ao topo da planície (CHEREM *et al.*, 2013).

Os resultados laboratoriais obtidos, entretanto, não estiveram de acordo com os esperados, uma vez que os pares de amostras supostamente correspondentes a um mesmo nível deposicional, cuja gênese seria anterior à ocorrência da captura, obtiveram idades bastante diferentes. Quando questionado sobre esses resultados, o laboratório informou que, com relação ao Rio dos Bagres, as amostras 2 e 4 apresentaram valores de dose anual muito diferentes, o que pode prejudicar a coerência dos resultados. Os valores de dose anual foram recalculados pelo laboratório, e os resultados de dose anual, dose acumulada e idade foram mantidos para a amostra 2. Já para a amostra 4, o laboratório obteve novos valores de dose anual, a saber, $3.580 \pm 190 \mu\text{Gy}/\text{ano}$. O valor de dose acumulada se manteve, e a nova idade obtida foi de 3.100 ± 300 anos.

A partir desses novos dados, é possível afirmar que a datação das amostras 2 e 4 corroboraram para a ocorrência de captura fluvial do Trecho A do Rio dos

Bagres, já que, segundo as margens de erro, ambos os depósitos podem ter entre 3.100 e 3.200 anos. A deposição dos aluviais anteriores ao datado, no alto curso, diz respeito, portanto, à evolução da bacia do Rio Doce. Convém ressaltar que a alteração abrupta no gradiente pela qual o rio passa ao drenar a escarpa da Serra da Mantiqueira condiciona, ainda atualmente, processos fluviais diferentes à montante e à jusante da escarpa. Portanto, a planície do alto curso também não possui relação com nenhum nível deposicional à jusante da escarpa. Posteriormente, o alto curso encaixou apenas no trecho mais próximo ao ponto de captura. É possível que esse encaixamento se propague por todo o alto curso, embora o represamento do canal logo à montante da escarpa da Serra da Mantiqueira possa tornar mais lento o encaixamento local do curso d'água, bem como a sua propagação para montante.

Considerações Finais

Apesar de a datação absoluta ser um dos instrumentos mais relevantes para os estudos de reconstituição paleoambiental e interpretação das condições sindeposicionais de depósitos fluviais, sua aplicação deve ocorrer com cautela. Os resultados são complementares às evidências de campo e não devem ser interpretados como fonte única de comprovação da ocorrência de processos geomorfológicos, sobretudo quando há ciência a respeito de possíveis fatores limitantes à aplicação das técnicas de datação.

A datação de depósitos fluviais em ambientes tropicais úmidos e com relevos serranos via LOE pode ser fortemente prejudicada por processos de coluvionamento e pedogênese. Tais processos são capazes de expor novamente o sedimento à luz solar, ocasionando novo zeramento de seu sinal luminescente. A pedogênese, além de ocasionar as já mencionadas mudanças na concentração de elementos radioativos (conforme apresentado por JEONG *et al.*, 2007), pode redistribuir os sedimentos no perfil, de modo que fica prejudicada a cronoestratigrafia do depósito. Estes processos podem “contaminar” os pacotes fluviais com materiais de outras origens e idades, ou transformar as condições de exposição dos sedimentos à radiação. Neste sentido, é relevante priorizar a técnica SAR, de modo a reduzir a possibilidade de superestimação das idades.

No emprego das técnicas de datação, é necessário que o pesquisador tenha um bom controle de campo

(o que inclui a maior amostragem possível de perfis detalhadamente descritos e espacializados), que o permita questionar e interpretar de maneira crítica os resultados obtidos, assim como ocorre com qualquer método geocronológico. O conhecimento acerca de outros estudos que utilizaram a LOE, dos resultados, interpretações e críticas ao método desenvolvidas por outros pesquisadores fornece, igualmente, mais elementos para detectar incongruências em certos resultados.

Na bacia do Rio Pomba a datação veio auxiliar a interpretação das condições geomorfológicas paleodeposicionais, mas as evidências de campo foram prioritárias na proposição de processos de captura fluvial. O bom controle das evidências de campo por parte dos pesquisadores permitiu a análise crítica dos resultados da LOE e a solicitação, em alguns casos, de revisão dos procedimentos de datação ao laboratório.

Referências Bibliográficas

- BISHOP, P. Drainage rearrangement by river capture, beheading and diversion. **Progress in Physical Geography**, v. 19, n. 4, p. 449-473. 1995.
- CHEREM, L. F. S. **Retração de escarpas no sudeste do Brasil e suas implicações morfo- pedogênicas**. 2009. Tese de Doutorado - Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.
- CHEREM, L. F. S.; VARAJÃO, C. A. C.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.; VARAJÃO, A. F. D. C.; SALGADO, A. A. R.; OLIVEIRA, L. A. F.; BERTOLINI, W. Z. O papel das capturas fluviais na morfodinâmica das bordas interplanálticas do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n. 4., p. 299-308, 2013.
- CORRÊA, A. C. B.; SILVA, D. G.; MELLO, J. S. Utilização dos depósitos de encostas dos brejos pernambucanos como marcadores paleoclimáticos do Quaternário Tardio no semi-árido nordestino. **Mercator**, v. 7, p. 99-125, 2008.
- HASUI, Y. Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil. In: Workshop sobre Neotectônica e Sedimentação Cenozóica Continental no Sudeste Brasileiro, 1., 1990, Belo Horizonte. **Boletim...** Belo Horizonte: SBG/MG, p. 11-31, 1990.
- JACOBSON, R., O'CONNOR, J. E., OGUCHI, T. Surficial geologic tools in fluvial geomorphology. In: KONDOLF, G. M., PIEGAY, H. (Ed.). **Tools in fluvial geomorphology**. Chichester: Wiley, p. 25-57, 2003.

- JAIN, M., MURRAY, A.S.; BOTTER-JENSEN, L. Optically stimulated luminescence dating: How significant is incomplete light exposure in fluvial environments? **Quaternaire**, v. 15, p. 143-157, 2004.
- JEONG G. Y., CHEONG C., CHOI J. The effect of weathering on optically stimulated luminescence dating. **Quat. Geoch.**, 2(1-4):272-277, 2007.
- LEOPOLD, L. B., WOLMAN, M. G., MILLER, J. P. **Fluvial Processes in Geomorphology**. San Francisco: Freeman and Company, 522 p., 1964.
- LISBÔA, N. A.; CASTRO, J. H. W. Captura do sistema fluvial Camaquã pelo sistema fluvial Jacuí-São Gabriel, RS. In: IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, [s.n.], 1998, Santos, Brasil. **Anais do IX SBSR**. Santos: INPE, p. 415-424, 1998.
- LI, S. H. Optical dating: insufficiently bleached sediments. **Radiation Measurements**, v. 23, p. 563-567, 1994.
- LI, S. H.; WINTLE, A. G. Luminescence sensitivity change due to bleaching of sediments. International Journal of Radiation Applications and Instrumentation. Part D. **Nuclear Tracks and Radiation Measurements**, v. 20, n.4, p. 567-57, 1992.
- MISSURA, R.; CORREA, A. C. B. Evidências Geomorfológicas como Ferramentas para a Reconstrução Paleogeográfica na Mantiqueira Ocidental - MG. **Revista de Geografia** (Recife), v. 24, n. 3, p. 262-278, 2007.
- MODENESI, M. C. Depósitos de vertente e evolução quaternária do Planalto do Itatiaia, **Rev. IG**, São Paulo, 13(1), 31-46, jan./jun.1992.
- MODENESI-GAUTIERI, M. C.; HIRUMA, S. T.; RICCOMINI, C. Morphotectonics of a High Plateau on the Northwestern flank of the Continental Rift of Southeastern Brazil. **Geomorphology**, v. 43, p. 257-271, 2002.
- MOURA-LIMA, E. N.; BEZERRA, F. H. R.; LIMA-FILHO, F. P.; CASTRO, D. L.; SOUSA, M. O. L.; FONSECA, V. P.; AQUINO, M. R. 3-D geometry and luminescence chronology of Quaternary soft-sediment deformation structures in gravels, northeastern Brazil. **Sedimentary Geology**, v. 235, n. 3-4, p. 160-171, 2010.
- MURRAY, A. S.; OLLEY, J. M. Precision and accuracy in the Optically Stimulated Luminescence dating of sedimentary quartz: a status review. **Geochronometria - Journal on Methods and Applications of Absolute Chronology**, v. 21, p. 1-16, 2002.
- OLIVEIRA, D. Capturas fluviais como evidências da evolução do relevo: uma revisão bibliográfica. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 20, p. 37-50, 2010.
- OLIVEIRA, L. A. F. **A dinâmica fluvial quaternária e a configuração do modelado do relevo no contato entre a depressão do Rio Pomba e o Planalto de Campos das Vertentes - Zona da Mata de Minas Gerais**. 2012. Dissertação de Mestrado - Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.
- OLIVEIRA, L. A. F.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.; LIMA, L. B. S.; CARVALHO, A. Fatores condicionantes da configuração de fundos de vale colmatados na bacia do Alto-Médio Rio Pomba, leste de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomorfologia** v. 15, n° 4, 2014.
- PROJETO-RADAMBRASIL. **Folhas SF 23/24 Rio de Janeiro/Vitória, geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro: CPRM, 780 p., 1983.
- RAPOSO, A. A.; SALGADO, A. A. R. Mapeamento das unidades do relevo da região dos divisores de águas das bacias hidrográficas dos rios São Francisco/Doce/Paraíba do Sul. In: XIX Semana de Iniciação Científica da UFMG, 2010, Belo Horizonte. **Anais da XIX Semana de Iniciação Científica da UFMG**. Belo Horizonte: UFMG, não paginado, 2010.
- RICCOMINI, C.; PELOGGIA, A.; SALONI, J.; KOHNKE, M.; FIGUEIRA, R. Neotectonic activity in the Serra do Mar rift system (southeastern Brazil). **Journal of South American Earth Sciences**, v. 2, p. 191-197, 1989.
- RITTENOUR, T. M. Luminescence dating of fluvial deposits: applications to geomorphic, palaeoseismic and archaeological research. **Boreas**, v. 37, p. 613-635, 2008.
- SALLUN, A. E. M.; SUGUIO, K. Depósitos quaternários da região entre Marília e Presidente Prudente (SP). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 36, n. 3, p. 385-395, 2006.
- SALLUN, A. E. M.; SUGUIO, K.; TATUMI, S. H.; YEE, M.; SANTOS, J.; BARRETO, A. M. F. Datação absoluta de depósitos quaternários brasileiros por luminescência. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 37, n. 2, p. 401-412, 2007.
- SALVADOR, E. D.; RICCOMINI, C. Neotectônica da região do alto estrutural de Queluz (SP- RJ, Brasil). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 25, n. 3, p. 151-164, 1995.
- SANTOS, A. H. B.; OLIVEIRA, D. Trajetórias do rio Capivari: implicações de um impacto meteorítico na drenagem no reverso da Serra do Mar, São Paulo, Brasil. **Revista Geografias**, v. 4, p. 69-76, 2008.
- SAWAKUCHI, A. O.; KALCHGRUBER, R.; GIANNINI, P. C. F.;

NASCIMENTO JUNIOR, D. R.; GUEDES, C. C. F.; UMISED, N. K. The development of blowouts and foredunes in the Ilha Comprida barrier (Southeastern Brazil): the influence of Late Holocene climate changes on coastal sedimentation. **Quaternary Sciences Reviews**, v. 27, n. 21–22, p. 2076–2090, 2008.

SILVA, D. G.; CORRÊA, A. C. B. Evolução paleoambiental dos depósitos de tanques em Fazenda Nova, Pernambuco – Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 2, n. 2, p. 43-56, 2009.

SILVA, T. M.; MONTEIRO, H. S.; CRUZ, M. A.; MOURA, J. R. S. Anomalias de Drenagem e Evolução da Paisagem no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (RJ/SP). **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 29, n. 2, p. 210-224, 2006.

SILVA, T. P. LIMEIRA MELO, C. Reativações Neotectônicas na Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul (Sudeste do Brasil). **Revista do Instituto de Geociências - USP 95 - Geol. USP, Sér. cient.**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 95-111, abril 2011.