



DINÂMICA FLUVIAL QUATERNÁRIA DO RIO MARACUJÁ, QUADRILÁTERO FERRÍFERO (MG)

QUATERNARY FLUVIAL DYNAMICS OF THE MARACUJÁ RIVER, QUADRILÁTERO FERRÍFERO (MG)

Antônio Pereira Magalhães Júnior

Professor Adjunto do Departamento de Geografia da UFMG - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais - Av. Antônio Carlos, 6627, Campus Pampulha - CEP 31270-901, Belo Horizonte/MG, Brasil - e-mail: magalhaesufmg@yahoo.com.br

Luiz Fernando de Paula Barros

Doutorando em Geografia pela UFMG - Programa de Pós-Graduação em Geografia - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais - Av. Antônio Carlos, 6627, Campus Pampulha - CEP 31270-901, Belo Horizonte/MG/ Brasil - e-mail: luizfpbarros@yahoo.com.br

Aline Almeida Raposo

Licenciada em Geografia pela UFMG - Rua Professor Pimenta da Veiga, 235, Apto. 201, Cidade Nova, Belo Horizonte/MG - CEP 31170-190 - e-mail: alineraposo13@yahoo.com.br

Luis Felipe Soares Cherem

Laboratório de Geomorfologia, Pedologia e Geografia Física - Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Campus II - Samambaia - Universidade Federal de Goiás - CEP 74001-970, Goiânia/GO

Resumo

Este artigo identifica e data por luminescência opticamente estimulada (LOE) os eventos deposicionais do vale do Rio Maracujá a partir da análise dos depósitos aluviais encontrados. Foram descritos 30 depósitos fluviais ao longo do vale, correspondentes a quatro eventos deposicionais distintos. O primeiro evento registrado (N4) corresponde aos depósitos residuais encontrados nas vertentes, a 10m acima do rio atual. O segundo evento (N3) corresponde aos depósitos com base 2,5m acima da atual calha e cerca de 4m de espessura. O terceiro evento deposicional (N2) corresponde aos depósitos argilosos marginais à calha atual que atingem 3m de espessura. O evento deposicional mais recente corresponde à atual planície de inundação (N1), com sedimentos de granulometria predominante silto-arenosa. O aumento da granulometria da carga sedimentar de argilosa para silto-arenosa observada entre o nível deposicional atual (N1) e os níveis mais antigos foi interpretado como resposta à disponibilização de sedimentos oriundos dos processos erosivos acelerados. Essa carga não é totalmente transportada pelo canal, nem mesmo durante as cheias. Assim, o Rio Maracujá, cujas características dos depósitos anteriores evidenciam um canal mais próximo do padrão meandrante, tem se adaptado à grande carga sedimentar se transformando em um canal próximo ao entrelaçado em alguns trechos.

Palavras-chave: geomorfologia fluvial, níveis deposicionais, Luminescência Opticamente Estimulada.

Abstract

This paper objectives the identification and the optic stimulated luminescence dating (OSL) of the depositional events of Maracujá River, analyzing the correlatives alluvial deposits. Results reveals that the 30 alluvial deposits

described along the valley corresponds to four depositional events. The oldest event (N4) corresponds to the residual deposits located in hills along the valley, located 10 m above the river. The following event (N3) corresponds to the clayey alluvial deposits with 4 m thick located 2,5 m above the modern river. The event named N2 corresponds to the clayey deposits with 3 m thick located by the riverbed. The most recent event (N1) corresponds to the silty-sandy deposits located by the riverbed. The increase of the sediments size between the previous events and N1 has been interpreted as a direct response to the mining and gullies which supplies coarse sediments (sand size) throughout the last centuries. This load is not transported by the river, not even during the floods. Therefore, the Maracujá River used to be a meandering, as evidenced by the clayey deposits N4, N3 and N2 and it is changing to braided channel.

Keywords: fluvial geomorphology, depositional levels, Optically Stimulated Luminescence.

Introdução

Os níveis deposicionais e as sequências sedimentares correlatas são os principais elementos geomorfológicos de investigação da dinâmica espaço-temporal dos cursos d'água. Estes registros podem ser os únicos indícios da evolução morfodinâmica de uma área, constituindo-se em registros/respostas de eventos deposicionais e desnudacionais, exogenéticos e endogenéticos (Sommé, 1990).

Nos ambientes tropicais úmidos brasileiros, principalmente aqueles mais tectonicamente ativos, os intensos processos geoquímicos e meteóricos descaracterizam e desmontam rapidamente os registros deposicionais quaternários, dificultando, por exemplo, a aplicação de propostas de classificação e interpretação de fácies, como a de Miall (1985). Entretanto, estes registros são componentes críticos no desenvolvimento de uma compreensão integrada da geomorfologia fluvial, pois fornecem informações que não são disponíveis em outras fontes (Jacobson *et al.*, 2003).

No Quadrilátero Ferrífero, esta realidade vem sendo confirmada por estudos sobre a geomorfologia fluvial regional (Valadão e Silveira, 1992; Magalhães Júnior e Saadi, 1994; Bacellar 2000, Raposo *et al.*, 2008; Santos *et al.*, 2009). Os poucos registros sedimentares remanescentes se concentram nos baixos vales, acompanhando os cursos fluviais atuais e são, geralmente, erodidos pela dinâmica fluvial atual.

O Quadrilátero Ferrífero apresenta um quadro morfológico que expressa um forte condicionamento litológico, estrutural e tectônico, além das pressões das atividades humanas que, há séculos, vem impactando a dinâmica dos cursos d'água e levando a mudanças de padrões fluviais (Magalhães Júnior, 1994). A bacia do Rio Maracujá está localizada na porção centro-sul deste domínio, representando um dos principais afluentes do alto Rio das Velhas. Como a maior parte da bacia do Rio

Maracujá drena as frágeis rochas cristalinas do Complexo Bação, esta área possui uma morfologia suavizada e rebaixada, onde há condições para o alargamento dos vales e das feições deposicionais fluviais como planícies, fato pouco comum no contexto do Quadrilátero Ferrífero.

Neste trabalho são descritos e analisados os depósitos aluviais do vale do Rio Maracujá, visando entender sua dinâmica erosiva e deposicional quaternária. A partir da datação via Luminescência Ópticamente Estimulada (LOE) dos depósitos, este trabalho visa contribuir para a construção de uma cronologia da sedimentação quaternária continental brasileira, tendo em vista a concentração de estudos do Quaternário restritos à costa atlântica (Stevaux, 2000). Este estudo visa também contribuir para a compreensão da evolução geomorfológica cenozóica do Quadrilátero Ferrífero e da bacia do alto Rio das Velhas.

A LOE vem se consolidando como o método geocronológico mais aplicado na geomorfologia, sendo considerado como uma alternativa ao método do radiocarbono, em função de sua abrangência temporal e da não necessidade de material orgânico (Jain *et al.*, 2004). Apesar de relativamente recente (pouco mais de duas décadas de aplicação), a viabilidade desse método tem sido comprovada pela comparação das idades obtidas por LOE com aquelas obtidas por radiocarbono nos mesmos depósitos (Rittenour, 2008).

A área em estudo

A bacia do Rio Maracujá drena uma área de 140km² no centro-sul do Quadrilátero Ferrífero, compondo a bacia hidrográfica do alto Rio das Velhas, afluente do Rio São Francisco. A drenagem verte, predominantemente, de sul para norte e abrange parte dos municípios de Ouro Preto (incluindo os distritos de Cachoeira do Campo, Amarantina e Santo Antônio do Leite) e Itabirito (Figura 1).

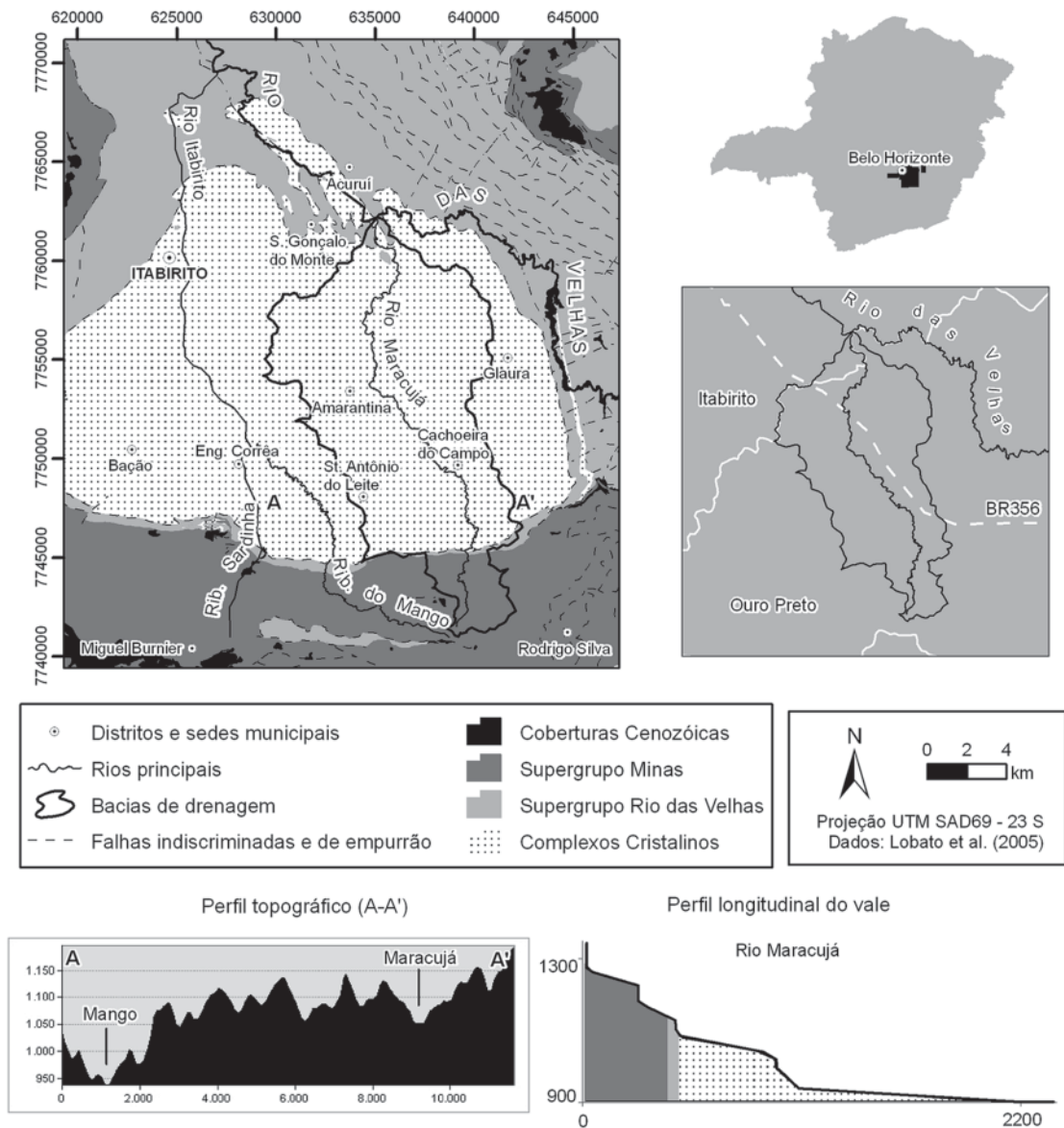


Figura 1: Localização e unidades geológicas da bacia do rio Maracujá.

As rochas mais resistentes dos supergrupos Minas e Rio das Velhas compõem as áreas mais elevadas e estão concentradas na alta bacia, aflorando numa faixa de sentido leste-oeste. Já no Complexo Bação se encontram as áreas mais rebaixadas, esculpidas nas rochas friáveis do embasamento, que favorecem o surgimento de focos de erosão acelerada. Segundo Bacellar (2000), o relevo da bacia é recortado por 385 feições erosivas, incluindo ravinas e voçorocas. Sempre conectadas ao sistema de drenagem, as voçorocas apresentam grandes dimensões, alcançando frequentemente 400 a 500 m de extensão e profundidades da ordem de 50 m.

De um modo geral, a bacia se encontra hoje em uma delicada situação ambiental. As primeiras ocupações na

área remontam ao ciclo do ouro na região de Ouro Preto (Bacellar *et al.*, 2001). Desde então, a vegetação primária (Mata Atlântica e Cerrado) vem dando lugar à agropecuária e à silvicultura de eucalipto. Outras atividades econômicas de forte impacto na bacia são o garimpo de topázio e a extração de materiais aluviais para a construção civil. A realização dessas atividades de maneira incorreta, associada ao intenso processo de voçorocamento na área, fornece aos cursos d'água uma elevada carga sedimentar que ultrapassa suas características de capacidade e competência, o que vem levando ao assoreamento das calhas fluviais (Barros *et al.*, 2011).

Metodologia

Identificação e caracterização dos níveis e sequências deposicionais

A investigação foi baseada em trabalhos de campo, quando foram descritas as sequências deposicionais aluviais do vale do rio Maracujá, a partir de perfis verticais (exposições naturais e em cortes) e da observação do contexto espacial dos depósitos (altitude, desnível para o rio atual, distribuição ao longo do vale, etc.). Os perfis deposicionais foram devidamente discriminados, procurando-se destacar: sua tipologia (escalonado, encaixado ou embutido); sua posição em relação ao curso fluvial atual (desnível vertical e distanciamento horizontal do curso atual); organização e composição granulométrica das fácies, além da espessura e tipo de transição entre as mesmas. Para os níveis de seixos foram descritos o tamanho médio, a litologia e o grau de arredondamento dos clastos, bem como se são suportados entre si ou por matriz. Foi também descrita a presença de estruturas sedimentares, concreções, matéria orgânica e bioturbação.

Foi realizado também um levantamento das cotas dos topos da bacia e do vale do Rio Maracujá, com base em cartas topográficas do IBGE na escala de 1:50.000 (curvas de nível equidistantes em 20m). A cota conside-

rada foi a da curva de nível que define o topo, ou seja, aos topos com cotas de 1141m, 1150m, 1159m, por exemplo, foi atribuído o valor de 1140m. Uma vez sistematizados os dados, os níveis deposicionais foram identificados a partir da correlação de dados sedimentológicos, posição estratigráfica, relações laterais e verticais, altitude e altura (desnível para o rio atual) de todos os 30 depósitos analisados ao longo do vale.

Datação das sequências deposicionais

Para a datação dos sedimentos de cada nível deposicional foram coletadas seis amostras, sendo duas de planície e as demais de níveis deposicionais abandonados (Tabela 1). As amostras foram coletadas ao abrigo da luz em exposições naturais ou em cortes. Para isso foram utilizados sacos plásticos pretos e tubos de PVC (5mm de diâmetro e 30cm de comprimento). Estes foram inseridos horizontalmente por percussão, utilizando-se uma marreta de borracha, para coletar amostras em camadas mais arenosas e mais próximas da base das sequências aluviais. O topo das sequências sedimentares na área foi muito alterado por processos erosivos e pedológicos durante o Quaternário, o que inviabiliza a coleta de amostras para o estabelecimento do tempo de acumulação em cada nível deposicional.

Tabela 1: Informações dos sítios das amostras coletadas.

Código LVD	Nível	Coordenadas	Elevação	Desnível da base para o rio atual	Profundidade
2737	N1	-20°21'40.85"; -43°39'43.73"	1055 m	2 m	0,5 m
2739	N1	-20°22'06.45"; -43°39'43.88"	1062 m	0 m	1,3 m
2741	N2	-20°21'40.85"; -43°39'43.73"	1055 m	0 m	1,4 m
2738	N3	-20°22'18.21"; -43°39'46.55"	1065 m	3 m	0,8 m
2736	N4	-20°21'13.46"; -43°39'54,60"	1057 m	9 m	0,6 m
2740	N4	-20°16'28.70"; -43°42'38.02"	932 m	10 m	1,2 m

As amostras foram enviadas para o laboratório Datação, Comércio e Prestação de Serviços Ltda. (LVD; CNPJ: 05.403.307/0001-57), em São Paulo, onde foram preparadas e analisadas pelo método MAR (*multiple-aliquot regenerative-dose*) para a extração de sua idade absoluta via LOE. Todas as amostras foram acondicionadas e devidamente embaladas de forma que ficassem ao abrigo da luz no envio. A descrição detalhada da metodologia utilizada pelo laboratório é descrita por Datação (2011).

Em linhas gerais, o material da parte central dos tubos foi extraído e todo o seu tratamento se deu sob luz vermelha de baixa intensidade. Os sedimentos das duas extremidades foram excluídos, evitando-se a análise de material que po-

deria ter sido exposto aos raios solares. Grãos de quartzo na faixa de 100-160 µm foram separados após tratamento químico com H₂O₂ (20%), HF (20%) e HCl (10%) – para remoção de matéria orgânica, óxidos e hidróxidos de ferro e carbonatos – secagem e peneiramento. Na análise da dose acumulada foi utilizado o equipamento TL/OSL Automated Systems, Model 1100-series Daybreak Nuclear Instruments Inc. e para a análise da dose anual o Canberra Inspector Portable Spectroscopy Workstation (NaI – Tl). A idade obtida para os sedimentos estimam o período decorrente a partir da última exposição por período prolongado (mais de 30 horas) do depósito à luz solar.

Resultados

Caracterização dos níveis e seqüências deposicionais fluviais

Foram identificados quatro níveis deposicionais aluviais no vale do Rio Maracujá, sendo três níveis abandonados e um nível de planície de inundação.

Esses níveis são descritos a seguir do mais antigo (Nível Depositional Superior – N4) para o mais recente (Nível de Planície de Inundação – N1). Destaca-se que os níveis deposicionais aluviais 3 e 2 ainda podem ser encontrados como terraços fluviais, ou seja, ainda não foram completamente descaracterizados em sua morfologia (Figura 2).

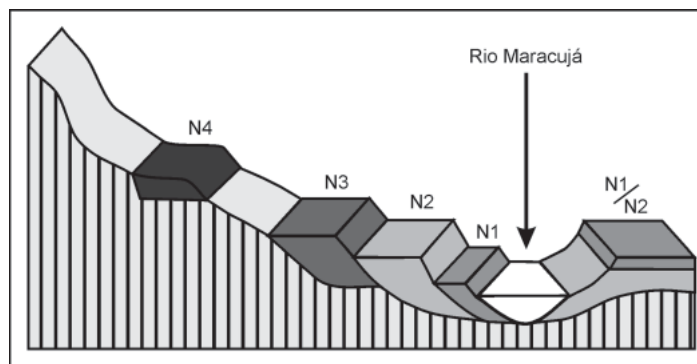


Figura 2 - Esquema-síntese da organização dos níveis deposicionais no vale.

Nível Depositional Superior (N4): este nível é encontrado sobre o embasamento rochoso no terço superior das vertentes, sendo geralmente recoberto por colúvio. Os depósitos deste nível aluvial são encontrados normalmente distantes do canal atual, sendo o desnível para a lâmina d'água em torno de 10m. Genericamente, sua composição geral é dada por duas fácies (Figura 3):

(i) seixos subangulosos a subarredondados de quartzo claro e/ou escuro, com comprimentos entre 1 e 20cm, suportados por matriz de areia grossa ou argila; pode ocorrer matacão esparsos; espessura média entre 0,7 e 1m; (ii) material argiloso, com espessura entre 0,6m e 3m, podendo ocorrer localmente lentes arenosas e pequenos seixos esparsos.

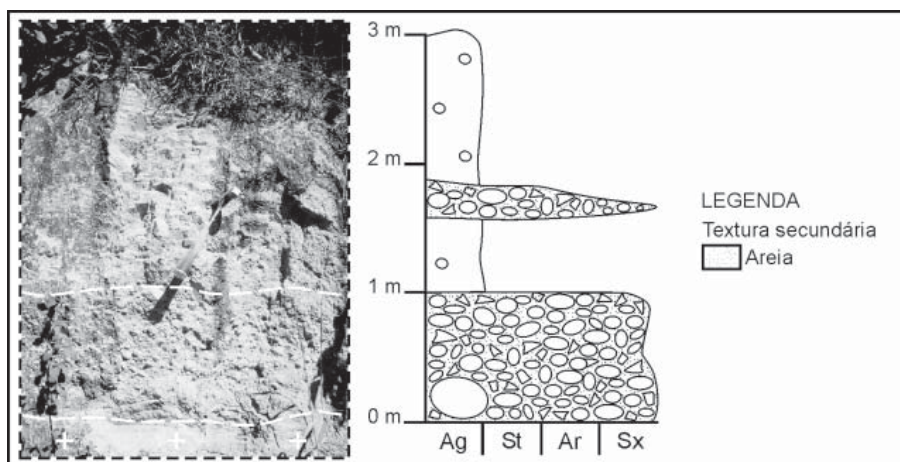


Figura 3 - Foto representativa e perfil-síntese do Nível Depositional Superior (N4).

Legenda: Ag: argila; St: silte; Ar: areia; Sx: seixos.

Nível Depositional Intermediário (N3): este nível é do tipo escalonado, sendo encontrado quase sempre às margens do canal fluvial atual, com sua base a aproximadamente 2,5m acima da lâmina d'água. Sua composição geral corresponde também a duas fácies (Figura 4): (i) seixos de quartzo subangulosos a arredondados, com comprimentos

entre 1 e 18cm, suportados por matriz de argila ou areia fina; espessura entre 1 e 2m; (ii) material argiloso a agilo-arenoso que pode ser encontrado com diversas cores (cinza claro e escuro, amarelo e bruno), podendo ocorrer localmente mosqueados vermelhos e pequenos seixos esparsos; espessura entre 0,5 e 3,0m.

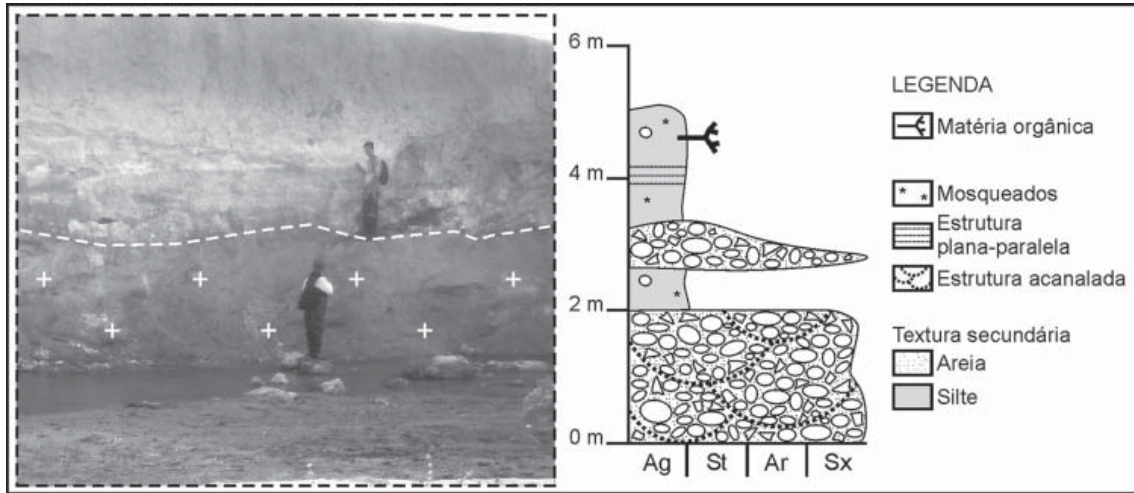


Figura 4 - Foto representativa e perfil-síntese do Nível Depositional Intermediário (N3).

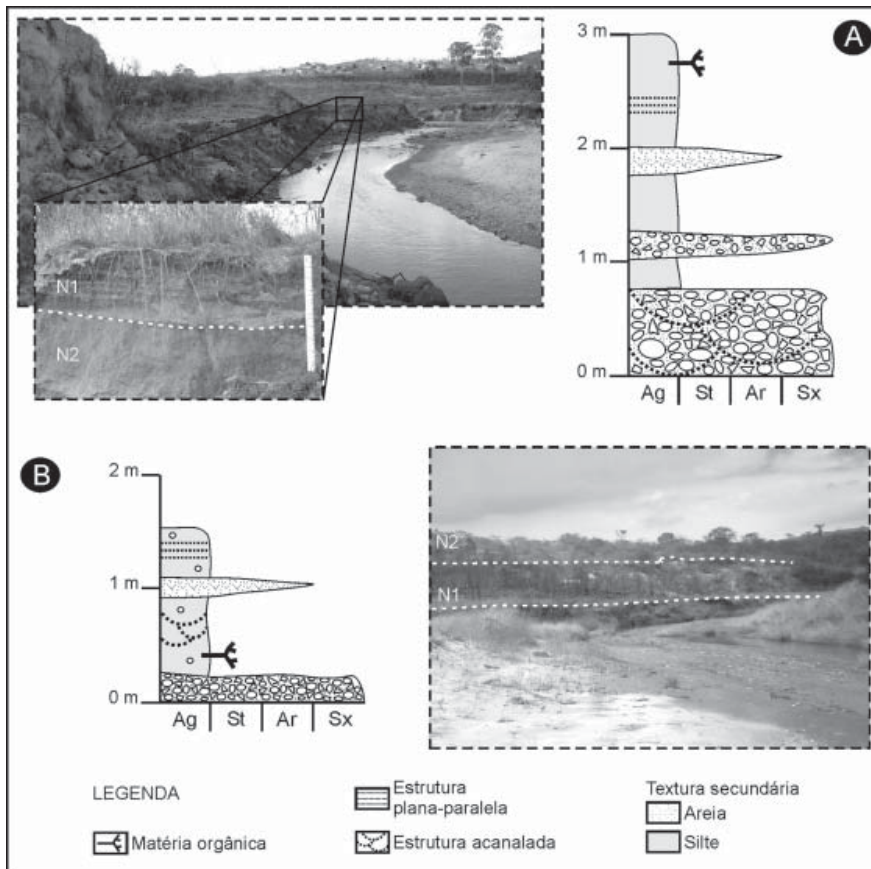


Figura 5 - Fotos representativas e perfis-síntese do Nível Depositional Inferior (N2) e do Nível de Planície de Inundação (N1). A: sedimentos atuais recobrindo o N2. B: N1 embutido no N2.

Nível Depositional Inferior (N2): este nível é do tipo encaixado. Praticamente não há desnível entre o N2 e a atual calha e seus perfis ainda apresentam estruturas sedimentares acanaladas e plano-paralelas. Os depósitos desse nível são caracterizados por (Figura 5): (i) seixos de quartzo (comprimento médio de 15cm), xisto-filito e itabirito (1cm) subarredondados e suportados por areia de granulometria variada; espessura entre 0,1 e 1m; (ii) material argiloso, com espessura entre 1 e 5m, podendo variar abruptamente de cor ao longo do perfil (bruno, cinza ou amarelo).

Nível de Planície de Inundação (N1): a planície é pouco comum no alto trecho do rio, onde o vale é estreito e encaixado nas rochas dos Supergrupos Minas e Rio das Velhas. No médio-alto curso esse nível pode ser encontrado embutido em relação ao N2, no entanto, em grande parte do vale a sedimentação atual ocorre recobrimdo este nível, podendo ser visualizada uma clara discordância entre estes dois momentos deposicionais (Figura 5). Os depósitos atuais são de textura variada, com misturas em proporções distintas de areia fina, silte

e argila. Em alguns perfis podem ser observadas estruturas plano-paralelas, além de um expressivo acúmulo de matéria orgânica.

A atual carga de leito do rio Maracujá é constituída principalmente por areia de granulometria de fina à grossa, predominantemente quartzosa, mas com marcante ocorrência de itabirito, o que dá coloração mais escura a algumas barras arenosas. Atualmente são transportados poucos seixos, os quais possuem comprimento médio entre 1 e 5cm. No geral, são seixos angulosos a subarredondados predominantemente de quartzo, mas também de xisto-filito e itabirito.

Por fim, o levantamento das cotas de topo da bacia mostrou que aproximadamente de 25% dos 87 topos registrados se encontra entre 1020 e 1040m de altitude (Figura 6). O resultado é semelhante para o vale, porém com cerca de 30% dos 25 topos na cota de 1020m. No eixo do vale do Rio Maracujá os topos na cota de 1020m são mais comuns próximo ao distrito de Amarantina, onde em campo foram encontrados perfis do N4 a apenas 950m.

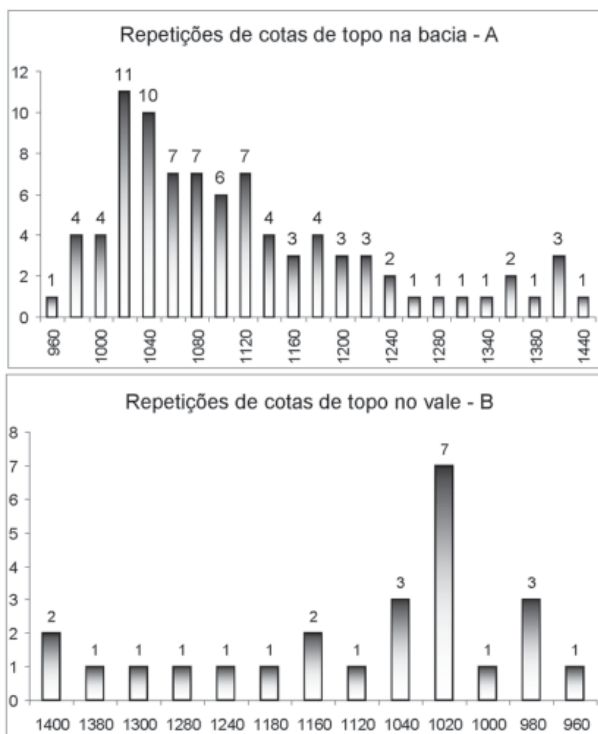


Figura 6: Número de topos por cotas na bacia do Rio Maracujá (A) e ao longo do vale principal (B).

Idade dos sedimentos

As concentrações medidas dos isótopos radioativos utilizados para calcular a dose anual (^{232}Th , $^{238}\text{U}+^{235}\text{U}$ e ^{40}K), a dose acumulada e idade dos sedimentos de cada

nível deposicional identificado são apresentados na Tabela 2. As amostras 2737 e 2739, referentes ao N1, não puderam ser datadas, pois apresentavam quantidade insuficiente de quartzo.

Tabela 2 - Identificação, nível deposicional, concentrações de Th (Tório), U (Urânio), K (Potássio), dose anual, dose acumulada e idade das amostras.

Código LVD	Nível	Th (ppm)	U (ppm)	K (%)	Dose Anual ($\mu\text{Gy}/\text{ano}$)	Dose Acumulada (Gy)	Idade (anos)
2737	N1				Quartzo Insuficiente		
2739	N1				Quartzo Insuficiente		
2741	N2	14,1 \pm 0,5	4,5 \pm 0,01	0,05 \pm 0,01	2.400 \pm 50	202,0	83.800 \pm 5.900
2738	N3	19,2 \pm 0,7	6,5 \pm 0,1	0,4 \pm 0,05	3.620 \pm 140	139,0	38.400 \pm 3.400
2736	N4	15,1 \pm 0,5	3,9 \pm 0,5	0,5 \pm 0,07	2.780 \pm 245	77,0	27.700 \pm 3.800
2740	N4	12,2 \pm 0,4	3,8 \pm 0,01	0,3 \pm 0,05	2.390 \pm 85	193,0	80.700 \pm 6.880

Reflexões sobre os eventos morfodinâmicos na área

Os resultados das datações por LOE para os sedimentos dos níveis N2 e N4 (respectivamente, amostras 2741 e 2736 – Tabela 2) não vão ao encontro das evidências geomorfológicas e estratigráficas utilizadas na definição dos níveis deposicionais aluviais. No caso dos sedimentos do N1, apesar de as avaliações preliminares em campo mostrarem predominância da fração arenosa, a quantidade de quartzo obtida em laboratório foi insuficiente para a datação. Quanto aos demais resultados, não há elementos para questionar a idade obtida para os sedimentos do N4 (amostra 2740), coletados no baixo curso, e a idade obtida para o N3 (38.400 \pm 3.400 anos A. P.) é a única que pode ser balizada pela literatura, pois é relativamente próxima da idade máxima obtida por Bacellar *et al.* (2005), via radiocarbano, para um nível deposicional semelhante em um afluente de pequena ordem da bacia do rio Maracujá (31.340 anos A.P.).

Após a avaliação negativa de parte dos dados, todo o procedimento para a datação dos sedimentos foi refeito pelo laboratório responsável, utilizando-se inclusive novos equipamentos e protocolo SAR (*single-aliquot regenerative-dose*), que permite minimizar os erros de manipulação. No entanto, após as novas análises as curvas de calibração permaneceram ruins e muito próximas das obtidas pelo protocolo MAR. De acordo com o laboratório, grande quantidade de materiais magnéticos pode ter interferido nos resultados, fato explicado pelo contexto geológico do Quadrilátero Ferrífero. Outro limitador foi a composição sedimentar cristalina das amostras, pois a quantidade de quartzo na maioria delas foi pequena, sendo nítida a grande quantidade de mica em microscópio. Ainda que seja possível separar o quartzo da mica,

para algumas amostras não sobrou quantidade suficiente de quartzo para o procedimento. Nesse caso, a confecção das curvas de calibração não foi possível, pois ocorre saturação do sinal de LOE e todas as medidas de doses irradiadas ficam com o mesmo sinal, ao passo que deveriam ter maiores sinais quanto maiores fossem as doses de irradiação.

No entanto, a partir das evidências de campo e do conjunto dos dados da literatura sobre a área, algumas considerações acerca da evolução geomorfodinâmica da paisagem regional podem ser feitas. Sucessivos eventos de incisão da drenagem ao longo do Quaternário Tardio na área do Quadrilátero Ferrífero são sugeridos na literatura. O mais antigo, e que ainda pode ser percebido na paisagem, teria ocorrido no Pleistoceno Superior, o qual, segundo Valadão e Silveira (1992), teria sido de aproximadamente 60m, com posterior abertura dos vales ao longo das principais descontinuidades tectônicas do embasamento cristalino. A superfície abandonada neste evento seria representada hoje pelos topos recorrentes nas cotas de 1020 e 1040m na bacia e no vale do Rio Maracujá.

Com a estabilização do nível de base teria se desenvolvido o Nível Depositional Superior (N4) por volta de 80.700 \pm 6.880 anos A.P., idade obtida para a amostra do N4 coletada no baixo curso. Um novo evento tectônico no final do Pleistoceno teria levado à incisão da drenagem, provocando o rebaixamento da calha do Rio Maracujá em aproximadamente 8m e o abandono do N4. A calha fluvial teria encaixado até a posição na qual se desenvolveu o Nível Depositional Intermediário (N3), datado em 38.400 \pm 3.400 anos A.P. Por fim, um evento no Holoceno Médio, de menor intensidade (encaixamento de 2 a 3m), teria levado a calha

fluvial à posição atual, na qual foi formado o Nível Depositional Inferior (N2) e vem se desenvolvendo o Nível de Planície de Inundação (N1).

Em sua análise de vales não canalizados em cabeceiras de drenagem na bacia do Rio Maracujá, Bacellar *et al.* (2005) também identificaram três níveis aluviais antigos, cujos depósitos são semelhantes aos descritos neste trabalho. Segundo datações radiocarbônicas empreendidas por aqueles autores, a sequência sedimentar do terraço mais jovem (T1) data de aproximadamente 5.300 anos A.P. e a sequência do nível intermediário (T2) apresenta idades entre 31.340 e 7.490 anos A.P. Ainda segundo estes autores, os sedimentos dos níveis aluviais mais antigos (T2 e T3) comumente apresentam deformações neotectônicas com juntas e falhas transcorrentes.

Essa intensa dissecação recente na área já foi observada por Salgado *et al.* (2007) a partir de resultados da produção do cosmogênio ¹⁰Be na bacia do Rio Maracujá. Os autores verificaram taxas de erosão mais expressivas nos setores terminais das vertentes do que nos topos regionais, evidenciando a dissecação. Além disso, a partir da análise de topossequências na mesma bacia, Figueiredo *et al.* (2004) apontam para uma zona de acumulação e autigenia mineral nos segmentos de baixa vertente, o que também evidencia um recente desequilíbrio morfodinâmico. As análises pedológicas empreendidas por Varajão *et al.* (2009), inclusive na área da bacia do Rio Maracujá, revelaram que, independentemente do tipo litológico, os solos autóctones do Quadrilátero Ferrífero são predominantemente imaturos (Neossolos e Cambissolos). Segundo estes autores, esse fato sugere que o relevo da região é produto de um processo erosivo intenso e constante, o que estaria relacionado à atividade neotectônica.

A bacia do Rio Maracujá apresenta ainda outras evidências de atuação da tectônica ressurgente. A investigação empreendida por Lana e Castro (2010) no vale principal revela calhas assimétricas, com maior desenvolvimento morfológico em sua margem esquerda, ao passo que a margem direita se encontra confinada junto às áreas de maior declive. Segundo estes autores, essa configuração é devida a um basculamento de patamares em direção a E, tais como hemigrabens. Esse basculamento teria como plano regional de reativação as falhas de empurrão que limitam o Complexo Bação a E e SE. A atuação desses hemigrabens pode ser a chave para a explicação dos espessos pacotes de sedimentos argilosos observados nos níveis deposicionais mais antigos, pois geram ambientes de baixa energia, propícios à acumulação de sedimentos finos.

Um importante condicionamento tectônico na dinâmica fluvial regional também já foi constatado na evolução do vale do alto Rio das Velhas por Magalhães Júnior e Saadi (1994). Os autores destacam a influência de soerguimentos da Serra do Curral na retenção de sedimentos aluviais, provocando

alterações na dinâmica quaternária do rio na região de Sabará. Além disso, segundo Magalhães Júnior *et al.* (2011), o vale do Rio das Velhas é afetado por um comportamento tectônico em blocos com movimentação diferenciada, o que explicaria a organização variada dos três paleoníveis deposicionais fluviais identificados ao longo do vale.

No entanto, a ausência de deformação dos sedimentos do terraço mais recente e o desenvolvimento da planície de inundação ora embutida no N2, ora sobrepondo este nível revelam outros condicionantes para a evolução fluvial recente. A disposição do Nível de Planície indica que o canal não tem sofrido inputs de energia suficientes para provocar um novo encaixamento. Pelo contrário, a dinâmica recente responde por um padrão agradacional em vários segmentos.

As inundações atuais que acabam recobrando o N2, terraço mais recente, geram perfis originais do ponto de vista da interpretação genética: as fácies sedimentares basais são fósseis, pois não são mais formadas atualmente; já a fácies superior representa a deposição atual, estando ainda em formação. Configura-se, portanto, um mesmo nível topográfico de planície com duas fácies cronologicamente distintas.

Vale destacar a variação textural entre os sedimentos do Nível de Planície de Inundação (N1) e aqueles dos níveis deposicionais mais antigos, evidente, principalmente, quando a sedimentação atual recobre o Nível Depositional Inferior (N2). Apesar de apresentar depósitos argilosos, a sedimentação atual é marcada pela fração arenosa. Já nos níveis deposicionais antigos as fácies argilosas podem ultrapassar os 4m de espessura. Atualmente, os processos de deposição na planície são mais lentos que os de calha, refletindo a elevada carga sedimentar arenosa de leito no médio-alto curso oriunda da erosão acelerada e do garimpo. Na alta bacia são comuns os voçorocamentos em áreas de quartzito ferruginoso, que favorece o desenvolvimento de espessos mantos de intemperismo essencialmente arenosos e muito instáveis e erodíveis (Bacellar, 2000).

Em termos climáticos, a umidificação ao longo do Holoceno é registrada por vários trabalhos que analisam depósitos sedimentares quaternários em Minas Gerais (Behling, 1995; Behling e Lichte, 1997; Parizzi *et al.*, 1998; Rodrigues-Filho *et al.*, 2002; Behling, 2003; Enters *et al.*, 2010), sendo que, em geral, o clima atual é o mais úmido desse período. A partir da análise de palinofórmis, Gomes *et al.* (2009) identificaram duas ecozonas em um testemunho sedimentar com cerca de 10m na região de Cachoeira do Campo, bacia do Rio Maracujá. Na base do perfil, a Ecozona I revela grandes áreas de campo e/ou áreas encharcadas dominadas por gramíneas e com a ausência de elementos arbóreos, indicando prováveis condições climáticas mais secas que a atual. Já a Ecozona II, localizada entre 6 e 1,5m de profundidade, apresenta um aumento de elementos arbóreos e arbustivos, além de certa diversidade de esporos de pteridófitos, sugerindo condições

climáticas mais úmidas, com o estabelecimento de uma mata úmida ou vegetação de Cerrado.

Ao considerar as condições climáticas do Quaternário Tadio, verificam-se condições semelhantes de formação de mantos aluviais argilosos tanto no momento de deposição nos níveis aluviais mais antigos como no atual. Dessa forma, é preciso considerar que o fornecimento sedimentar de maior calibre é mais intenso nas condições atuais. Barros *et al.* (2011) mapearam trechos de assoreamento crítico na bacia do Rio Maracujá, destacando sua relação com áreas de intenso voçorocamento, solo exposto e mineração/garimpo. As influências humanas em termos de desmatamento e uso inadequado do solo são certamente importantes na intensificação da erosão acelerada, mas as condições geológicas locais são naturalmente propensas ao surgimento de voçorocamentos. Estes têm contribuído historicamente para o fornecimento de elevada carga sedimentar para a calha fluvial, gerando barras de canal. O entulhamento vem originando trechos fluviais cujo padrão vem se distanciando do meandrante, típico das condições climáticas regionais, e se aproximando do entrelaçado. A carga sedimentar fornecida pela erosão acelerada é predominantemente arenosa, e não é totalmente transportada pelo fluxo, mesmo durante as cheias.

O recobrimento do N2 pela sedimentação atual também está intimamente relacionado com o entulhamento da calha atual, pois em picos de cheia o fluxo é forçado a extravasar o leito, levando à deposição de areia (fina) nos ambientes marginais antes abandonados. Alterações no comportamento hidrológico (redução do fluxo de base e elevação do pico de cheia) na bacia do Rio Maracujá também são atribuídas ao intenso voçorocamento (Costa e Bacellar, 2007).

Por fim, nota-se que, em sua dinâmica quaternária, o Rio Maracujá vem perdendo capacidade e competência no transporte de sedimentos. Nos depósitos aluviais mais antigos podem ser encontrados seixos com até 20cm de comprimento, enquanto hoje a maior parte dos seixos em transporte não tem comprimento superior a 6cm, sendo que muitos deles resultam do desmonte dos depósitos de terraço. Em parte, a diminuição do tamanho médio dos seixos pode estar ligada à umidificação do clima, que contribui para um maior desgaste dos clastos. No entanto, nos depósitos antigos os pacotes de seixos chegam a cerca de 1m de espessura, o que não se repete hoje, quando o principal material transportado é areia.

Essa perda na capacidade e competência do Rio Maracujá pode estar ligada à perda de áreas de contribuição para as bacias vizinhas, o que é sugerido pela forma estreita e alongada das cabeceiras. Conforme ilustrado por Magalhães Júnior *et al.* (2010), uma captura fluvial ainda em curso pode ser observada no sudoeste da alta bacia do Rio Maracujá, onde afluentes do Ribeirão do Mango (bacia do Rio Itabirito) erodiram o interflúvio que separava as bacias. Isso ocorre porque a bacia do Ribeirão do Mango tem maior poder erosivo,

em razão de um maior gradiente altimétrico, enquanto a alta bacia do Rio Maracujá é controlada pela escarpa gerada no contato das rochas do Supergrupo Rio das Velhas com as do Embasamento Cristalino. Na zona de contato, os mergulhos das camadas são aproximadamente para S, porém o Rio Maracujá drena para N, o que o obriga vencer não só a resistência de diferentes litotipos justapostos, mas também o efeito do mergulho em sentido contrário ao do curso d'água (Lana e Castro, 2010). Essa diferença no poder erosivo entre as cabeceiras do Rio Maracujá e do Ribeirão do Mango justifica a diferença morfológica do Complexo do Bação, observada na compartimentação morfométrica da bacia do alto Rio das Velhas (Cherem *et al.*, 2011).

Conclusão

Os registros sedimentares dos níveis deposicionais encontrados no vale do rio Maracujá indicam que o canal vem respondendo, ao longo do Quaternário, aos *inputs* de energia de origem tectônica que afetam o Escudo Brasileiro (Saadi *et al.*, 2005), resultando na disposição dos níveis em escadaria. As características encontradas confirmam condições geológicas e geomorfológicas levantadas em trabalhos anteriores no vale do rio das Velhas (Magalhães Júnior e Saadi, 1994; Magalhães Júnior *et al.*, 2011) e nos vales fluviais do Complexo Bação (Valadão e Silveira, 1992; Bacellar *et al.*, 2005). Dentre estas condições destacam-se as influências dos impactos dos voçorocamentos na dinâmica sedimentar moderna e o forte condicionamento geológico regional. O intenso fornecimento sedimentar moderno tende a transformar o padrão fluvial do rio Maracujá a partir do surgimento de barras de canal.

Os resultados obtidos com as datações dos sedimentos dos níveis deposicionais pelo método LOE não foram satisfatórios, pois parte deles é incoerente com as evidências de campo. A idade obtida para o N3 é única que pode ser confirmada, pois é relativamente próxima da idade máxima obtida por Bacellar *et al.* (2005), via radiocarbono, para um nível deposicional semelhante em um afluente de pequena ordem da bacia do rio Maracujá. As idades obtidas não se correlacionam com as relatadas por Magalhães Júnior *et al.* (2011) para o alto Rio das Velhas, apesar da organização semelhante dos níveis deposicionais.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo financiamento do projeto de pesquisa por meio dos processos CRA-1114-06 e 471825/2006-9, respectivamente, e ao CNPq pela concessão de bolsas de pós-graduação.

Referências Bibliográficas

- ALKMIM, F.F., MARSHAK, S. Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research*, v. 90, p. 29–58, 1998.
- BACELLAR, L.A.P. *Condicionantes geológicos, geomorfológicos e geotécnicos dos mecanismos de voçorocamento na bacia do rio Maracujá, Ouro Preto, MG*. 2000. Tese. (Doutorado em Engenharia Civil) – COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.
- BACELLAR, L.A.P.; COELHO NETO, A.L.; LACERDA, W.A. Fatores condicionantes do voçorocamento na bacia hidrográfica do rio Maracujá, Ouro Preto, MG. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSIÃO, 6, Goiânia. *Anais...* São Paulo: ABGE, 2001.
- BACELLAR, L.A.P., COELHO NETTO, A.L., LACERDA, W.A. Controlling factors of gullying in the Maracujá Catchment, Southeastern Brazil. *Earth Surface Processes and Landforms*, v. 30, p. 1369-1385, 2005.
- BARROS, L.F.P., MAGALHÃES JÚNIOR, A.P., RAPOSO, A.A. Fatores condicionantes da produção e escoamento de sedimentos na bacia do Rio Maracujá – Quadrilátero Ferrífero/MG. *Geografias*, NO PRELO, 2011.
- BEHLING, H. A high resolution Holocene pollen record from Lago do Pires, SE Brazil: Vegetation, climate and fire history. *Journal of Paleolimnology*, v. 14, p. 253–268, 1995.
- BEHLING, H. Late glacial and Holocene vegetation, climate and fire history inferred from Lagoa Nova in the southeastern Brazilian lowland. *Veget Hist Archaeobot*, v. 12, p. 263–270, 2003. doi 10.1007/s00334-003-0020-9.
- BEHLING, H., LICHTHE, M. Evidence of dry and cold climatic conditions at glacial times in tropical southeastern Brazil. *Quaternary Research*, v. 48, p. 348–358, 1997.
- COSTA, F.M., BACELLAR, L.A.P. Analysis of the influence of gully erosion in the flow pattern of catchment streams, Southeastern Brazil. *Catena*, v. 69, p. 230-238, 2007.
- CHEREM, L.F.S., MAGALHÃES JR., A.P., FARIA, S.D. Análise e compartimentação morfométrica da bacia hidrográfica do alto Rio das Velhas, Região Central de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 12, p. 11-21, 2011.
- DATAÇÃO – Datação, Comércio e Prestação de Serviços Ltda. Datação por TL/LOE (TL/OSL dating). Disponível em: <http://datacao.dominiotemporario.com/doc/Metodologia_de_Datacao.pdf>. Acesso em: 21 Ago 2011.
- ENTERS, D., BEHLING, H., MAYR, C., DUPONT, L., ZOLITSCHKA, B. Holocene environmental dynamics of southeastern Brazil recorded in laminated sediments of Lago Aleixo. *J Paleolimnol*, v. 44, p. 265–277, 2010.
- FIGUEIREDO, M.A., VARAJÃO, A.F.D.C., FABRIS, J.D., LOUTFI, I.S., CARVALHO, A.P. Alteração Superficial e Pedogeomorfologia no Sul do Complexo Bação – Quadrilátero Ferrífero (MG). *R. Bras. Ci. Solo*, v. 28, p. 713-729, 2004.
- GOMES, M.O.S., RODRIGUES, M.F., DELICIO, M.P. Evolução paleoclimática e paleoecológica da bacia do Rio Maracujá, Ouro Preto (MG), com base na microflora. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 21, *Anais...* Belém, 2009, p. 37.
- HARTMANN, L.A., ENDO, I., SUITA, M.T.F., FRANTZ, J.C., CARNEIRO, M.A., MCNAUGHTON, N.J., BARLEY, M. Provenance and age delimitation of Quadrilátero Ferrífero sandstones based on zircon U-Pb isotopes. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 20, p. 273-285, 2006.
- 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, 2003. p. 25–57.
- 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.
- LANA, C.E., CASTRO, P.T.A. Variabilidade morfológica em níveis de base do rio Maracujá (Quadrilátero Ferrífero MG): influências litológicas, estruturais e de reativações cenozóicas. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 11, p. 21-30, 2010.
- MAGALHÃES JÚNIOR, A.P., SAADI, A. Ritmos da dinâmica fluvial Neo-Cenozóica controlados por soerguimento regional e falhamento: o vale do rio das Velhas na Região de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. *Geonomos*, v. 2, n. 1, p. 42-54, 1994.
- MAGALHÃES JÚNIOR, A.P., BARROS, L.F.P., RAPOSO, A.A., CHEREM, L.F.S. Eventos deposicionais fluviais quaternários e dinâmica recente do vale do Rio Maracujá – Quadrilátero Ferrífero/MG. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 3, p. 78-86, 2010.
- MAGALHÃES JÚNIOR, A.P., CHEREM, L.F.S., BARROS, L.F.P., SANTOS, G.B. OSL dating of sediments from a mountainous river in Southeastern Brazil: Late Cenozoic tectonic and climatic implications. *Geomorphology*, v. 132, p. 187-194.
- MIALL, A.D. Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth Science Reviews*. v. 22, n. 4, p. 261-308, 1985.
- PARIZZI, M. G.; SALGADO-LABOURIAU, M. L.; KHOLER, H. C. Genesis and environmental history of Lagoa Santa, southeastern Brazil. *The Holocene*, v. 8, p. 311-321, 1998.
- RAPOSO, A.A., OLIVEIRA, L.F., MAGALHÃES JÚNIOR, A.P., CHEREM, L.F.S. Níveis e sequências deposicionais do vale do ribeirão do Mango, Quadrilátero Ferrífero/MG. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 7, Belo Horizonte. *Anais...* v. 1, p. 110-120, 2008.

RITTENOUR, T.M. Luminescence dating of fluvial deposits: applications to geomorphic, palaeoseismic and archaeological research. *Boreas*, v. 37, p. 613–635, 2008.

RODRIGUES-FILHO, S.; BEHLING, H.; IRION, G.; MULLER, G. Evidence for lake formation as a response to an inferred Holocene climatic transition in Brazil. *Quaternary Research*, v. 57, p. 131–137, 2002.

SAADI, A., BEZERRA, F.H.R., COSTA, R.D., IGREJA, H.L.S., FRANZINELLI, E. Neotectônica da Plataforma Brasileira. In: SOUZA, C. R. de G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A.M.S.; OLIVEIRA, P.E. (Ed.). *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: Holos, 2005, 382 p.

SALGADO, A.A.R., VARAJÃO, C.A.C.; COLIN F., BRAUCHER, R., VARAJÃO, A.F.D. C., NALINI JR., H.A. Study of the erosion rates in the upper Maracujá Basin (Quadrilátero Ferrífero/MG, Brazil) by the in situ produced cosmogenic ¹⁰Be method. *Earth Surface Processes and Landforms*, v. 32, p. 905-911, 2007.

SANTOS, G.B., MAGALHÃES JÚNIOR, A.P., CHEREM, L.F.S. Níveis de terraços fluviais e depósitos sedimentares

correlativos no alto vale do Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, MG. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 10, n. 1, p. 73-84, 2009.

SOMMÉ, J. Enregistrements: reponses des environnements sedimentaires et stratigraphie du Quaternaire – exemples D Achenhéim (Alsace) et de La Grande Pile (Vosges). *Quaternaire*, v. 1, n. 1, p. 25-32, 1990.

STEVANUX, J.H.C. Climatic events during the Late Pleistocene and Holocene in the upper Parana River: correlation with NE Argentina and South-Central Brazil. *Quaternary International*, v. 72, p. 73-85, 2000.

VALADÃO, R.C.; SILVEIRA, J.S. Estratigrafia quaternária e evolução do relevo no Complexo de Bação - dados preliminares. *Revista da Escola de Minas*, v. 45, n. 1/2, p. 85-87, 1992.

VARAJÃO, C.A.C., SALGADO, A.A.R., VARAJÃO, A.F.D.C., BRAUCHER, R., COLIN, F., NALINI JR., H.A. Estudo da evolução da paisagem do Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais, Brasil) por meio da mensuração das taxas de erosão (¹⁰Be) e da pedogênese. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* (Online), v. 33, p. 1409-1425, 2009.