

O PAPEL DA BACIA DO RIO DOCE NA CONFIGURAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO/MG

The role of the Doce river basin in the geomorphological configuration of the Quadrilátero Ferrífero/MG

Luiz Fernando de Paula Barros*
Antônio Pereira Magalhães Junior**

***Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG / Belo Horizonte, Minas Gerais**
luizbarros@ufmg.br

****Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG Belo Horizonte, Minas Gerais**
magalhaesufmg@yahoo.com.br

RESUMO

O Quadrilátero Ferrífero é um dos mais marcantes conjuntos serranos do estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil. A evolução do modelado regional durante o Cenozoico Superior revela um papel preponderante do trabalho fluvial. Assim, visando aprofundar a compreensão da geomorfologia regional, diversos levantamentos de níveis e sucessões deposicionais fluviais foram empreendidos na área nas últimas décadas. Entretanto, faltam estudos mais regionalizados, que analisem mais de um vale fluvial. A partir de novos dados de níveis e sucessões deposicionais fluviais e da releitura em campo da literatura sobre o tema na área de estudo, este trabalho discute o quadro de níveis e sucessões deposicionais fluviais da alta bacia do Rio Doce, que compreende a drenagem da porção leste e parte da porção sul do Quadrilátero Ferrífero. Desse modo, objetiva-se dar um primeiro passo para a compreensão dos eventos geomorfogenéticos responsáveis pela esculturação do relevo no Quadrilátero Ferrífero. Os resultados revelam um relevo dinâmico, sensível às forças tectônicas e variações climáticas do Quaternário Superior. Os níveis deposicionais fluviais foram datados entre 2-140 Ka por Luminescência Opticamente Estimulada (LOE), permitindo a releitura de dados anteriores. A maioria desses níveis é do tipo escalonado e pareado e, portanto, configuram-se como importantes marcadores dos ritmos da tectônica quaternária na região. As datações por LOE permitem a associação de diferentes níveis fluviais com oscilações climáticas, que transformaram em espessas couraças ferruginosas as sucessões fluviais depositadas sob um clima mais seco/frio.

Palavras-chave: Geomorfologia regional. Luminescência opticamente estimulada. Quaternário.

ABSTRACT

The Quadrilátero Ferrífero is one of the most remarkable mountainous areas in the Minas Gerais State, Southeastern Brazil. The evolution of the regional relief during the Late Cenozoic reveals a major role of the river work. Aiming to improve the understanding of regional geomorphology, various surveys on river levels and fluvial successions were undertaken in recent decades. However, there is a lack of more regionalized analyzes that contemplate more than one fluvial valley. From new surveys on fluvial depositional levels and successions and from a rereading of data in the literature about the area, this paper discusses the river levels and fluvial successions of the upper Doce river basin. This river catchment contains the drainage of the eastern and southern parts of the Quadrilátero Ferrífero. In this way, it is aimed to take a first step to the understanding of the geomorphological events responsible for the formation of the relief in the Quadrilátero Ferrífero. The results reveal a dynamic relief, sensitive to tectonic forces and climatic oscillations of the Late Quaternary. The fluvial levels were dated between 2-140 Ka using Optically Stimulated Luminescence (OSL) and permitted the rereading of previous data. Most of these levels are paired and cut-in-bedrock, revealing the rhythm of fluvial downcutting in response to the regional uplift. The OSL dating allowed the association of some fluvial levels with climatic oscillations. Fluvial successions accumulated under driest/coldest periods were turned into thick duricrusts.

Keywords: Regional geomorphology. Optically stimulated luminescence. Quaternary.

1 INTRODUÇÃO

Os registros sedimentares fluviais fornecem informações valiosas sobre a evolução da paisagem, não apenas em termos de mudança de padrões de drenagem, mas também mudanças na topografia e no relevo (BRIDGLAND; WESTAWAY, 2014). Em nível científico, a análise da sedimentação fluvial tem sido feita com dois focos distintos, porém complementares: um na estratigrafia dos depósitos e outro nos processos modeladores do relevo (PAZZAGLIA, 2013). Quando o foco é o relevo, busca-se analisar a distribuição dos registros fluviais ao longo dos vales, sua organização em níveis deposicionais e a relação entre esses níveis, a fim de identificar os condicionantes para a sua distribuição e organização, tais como tectônica, clima, alterações no nível de base, controladores internos e antropismo (BRIDGLAND; WESTAWAY, 2008; 2014; WANG et al., 2010; DOĞAN, 2011; VIVEEN et al., 2013; ROSINA et al., 2014; ROSSETTI et al., 2014). Nesse caso, um nível deposicional fluvial é tomado como um marco de um momento erosivo-deposicional específico de um curso d'água. As sucessões deposicionais fluviais são os testemunhos dos referidos níveis, assim como o podem ser possíveis superfícies erosivas fluviais, as quais não devem ser confundidas com superfícies estruturais.

Situado na borda sudeste do Cráton do São Francisco, no centro sul do estado de Minas Gerais, o Quadrilátero Ferrífero é um dos mais marcantes conjuntos serranos do sudeste do Brasil. Sustentada por rochas arqueanas e proterozoicas, a morfologia da área pode ser definida como resultado da evolução a longo termo de um substrato geológico diverso deformado, resultante dos ciclos tectônicos Transamazônico e Brasileiro, com orogênese a 2 Ga e a 600 Ma, respectivamente (UHLEIN; NOCE, 2012). *Inputs* tectônicos e a intercalação de litologias com diferentes resistências às intempéries levaram a uma intensa dissecação pela drenagem e à inversão do relevo, deixando sinclinais relativamente alçadas topograficamente e anticlinais rebaixadas. Segundo Medina et al. (2005), esse processo teria destaque durante um período geológico mais recente (Neógeno e Quaternário), interrompendo eventos de aplanamento generalizado do relevo durante o Cretáceo e o Paleógeno. Nesse sentido, há um papel preponderante do trabalho fluvial a longo termo no modelado do Quadrilátero Ferrífero.

Diante dessa importância do trabalho fluvial e visando aprofundar a compreensão da geomorfologia regional durante o Cenozoico Superior, diversos levantamentos de níveis e sucessões deposicionais fluviais foram empreendidos no Quadrilátero Ferrífero nas últimas décadas (destaque para VALADÃO; SILVEIRA, 1992; MAGALHÃES JR.; SAADI, 1994; MARQUES, 1997; MOREIRA, 1997; BACELLAR et al., 2005; RAPOSO et al., 2008; CHEREM et al., 2008; ROSSI, 2008; COSTA et al., 2010; LANA; CASTRO, 2010; MAGALHÃES Jr. et al., 2011; 2012; BARROS; MAGALHÃES JR., 2013). Apesar do relativo grande número de trabalhos realizados, esses estudos são de caráter local, tendo investigado apenas um ou dois vales, assim, faltam estudos de caráter mais regionalizado. Além disso, muitos desses estudos não apresentam dados absolutos da idade dos depósitos, o que se torna um obstáculo para a construção do quadro regional.

A partir de novos dados e da releitura em campo da literatura sobre o quadro de níveis e sucessões deposicionais fluviais, o presente trabalho busca discutir o papel da bacia do Rio Doce na configuração geomorfológica do Quadrilátero Ferrífero. Desse modo, objetiva-se dar um primeiro passo para a compreensão dos eventos geomorfoгенéticos responsáveis pela esculturação do relevo nesse importante domínio geológico-geomorfológico do Brasil.

2 A ÁREA DE ESTUDO

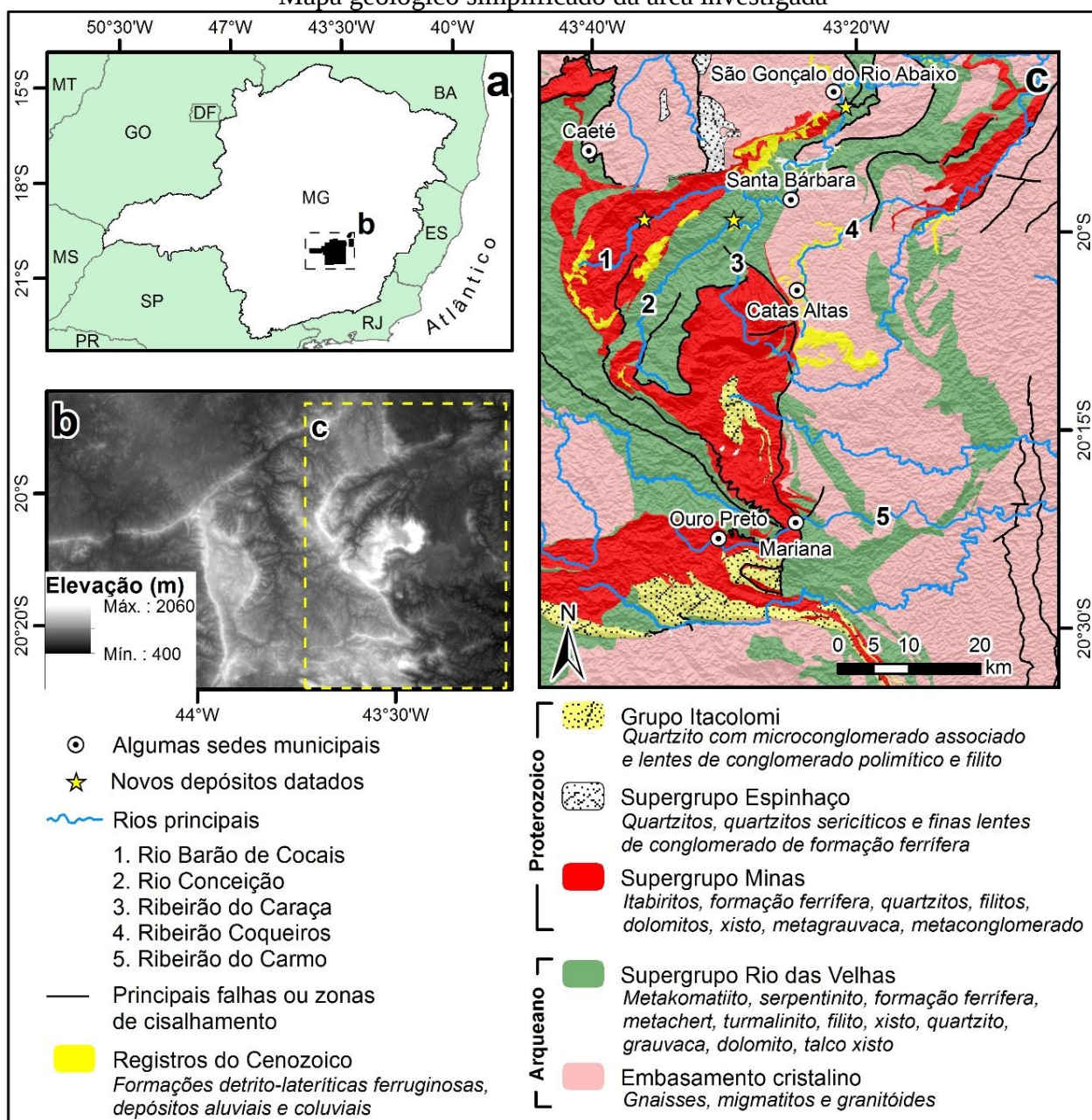
O Quadrilátero Ferrífero se estende por uma área de aproximadamente 7.000 km², drenada em sua porção oeste e central por afluentes da bacia hidrográfica do Rio São Francisco (sub-bacias do alto-médio Rio Paraopeba e alto Rio das Velhas, respectivamente) e em sua porção leste por

afluentes da bacia do alto Rio Doce. As altitudes variam de cerca de 650-800 m no entorno a mais 2.000 m no topo da Serra do Caraça, borda leste do domínio.

Os vales são, em geral, profundamente encaixados e estreitos, podendo a diferença de altitude entre interflúvios e os talwegues ultrapassar centenas de metros e o traçado dos cursos d'água revela comum adaptação às fraturas impressas nas rochas (MEDINA et al., 2005). Nas porções oeste e central, a rede hidrográfica tem sentido predominante sul-norte, respondendo ao binômio soerguimento da borda sul do Cráton do São Francisco/subsidência da bacia do Grupo Bambuí (MEDINA et al., 2005).

Na porção leste, a drenagem predominante tem sentido oeste-leste, tendo como nível de base regional a calha do Rio Doce. Neste estudo são apresentados os resultados obtidos com a investigação nos vales dos seguintes cursos d'água: Rio Conceição e seus afluentes principais, os ribeirões Caraça e Barão de Cocais (ou Socorro); Ribeirão Coqueiros; e Rio do Carmo (Figura 1).

Figura 1 – (a) Localização da área no estado de Minas Gerais, (b) Croqui hipsométrico regional, (c) Mapa geológico simplificado da área investigada



Fonte: Elaboração do autor (2017) com dados geológicos de CPRM (2005).

Os estudos sobre a evolução do modelado do Quadrilátero Ferrífero destacam a tectônica, o papel das estruturas regionais e da desnudação diferencial (KING, 1956; BARBOSA; RODRIGUES, 1967; MAXWELL, 1972; DORR, 1969; VARAJÃO, 1991; ALKMIM; MARSHAK, 1998; SALGADO et al., 2008), resultado de uma rica e complexa geologia, que pode ser dividida em: (i) Complexos cristalinos (gnaisses, migmatitos e granitóides) que ocorrem em domos (Bação, Bonfim, Caeté, Santa Rita, Belo Horizonte, Florestal e Itaúna) circundando todo o domínio e no interior do mesmo, como uma janela estrutural; (ii) Supergrupo Rio das Velhas (principalmente, xistos e filitos), marcado por uma sequência tipo greenstone belt cuja base vulcânica foi datada em 2,76 Ga (HARTMANN et al., 2006); (iii) Supergrupo Minas (principalmente itabiritos e quartzitos), uma unidade metassedimentar de idade proterozoica (2,58 a 2,04 Ga – HARTMANN et al., 2006) com formações ferríferas bandadas que são adotadas como critério de delimitação do Quadrilátero Ferrífero (ALKMIM; MARSHAK, 1998); (iv) Grupo Itacolomi, também de idade proterozoica, constituído basicamente por quartzitos de origem fluvial, com até 2,06 Ga (MACHADO et al., 1996).

Quanto aos registros cenozoicos, destacam-se as bacias de Fonseca, Gandarela e Gongo Soco (SGARBI et al., 1992; SAADI et al. 1992; SANT'ANNA et al., 1997), além de pequenas bacias sedimentares que ocorrem de forma isolada e contém registros do Eo-Oligoceno ao Mioceno Superior (LIPSKI, 2002). Ocorrem ainda cangas (couraças ferruginosas), em formação desde o Eoceno (MONTEIRO et al., 2014), e depósitos colúvio-aluvionares isolados.

Segundo Souza (1995), a porção SW da bacia do Rio Doce (alto curso) é a que apresenta mais evidências de movimentação tectônica recente (idade mínima pleistocênica). Como testemunhos diretos dessa movimentação citam-se falhamentos em depósitos paleogênicos e quaternários, como os depósitos colúviais movimentados por falhas normais WNW-ESE na bacia do Rio Piracicaba, próximo de Nova Era, descritos por Saadi (1991). Como testemunhos indiretos citam-se rupturas de declive no perfil longitudinal de vários rios, descontinuidades em níveis topográficos, o tipo de arranjo da drenagem, o tipo de modelado, distribuição espacial de trechos de retenção de sedimentos e de trechos meandantes, entre outros. Com base nestas e outras observações, Souza (1995) propôs uma organização neotectônica da bacia do Rio Doce baseada no basculamento de blocos morfotectônicos. De acordo com Saadi et al. (2005), essa proposta possui claras relações com a distribuição de epicentros sísmicos na bacia.

Em relação ao quadro bioclimático, as investigações empreendidas no Quadrilátero Ferrífero e em seu entorno revelam uma considerável flutuação durante o Quaternário Superior (OLIVEIRA, 1992; BEHLING; LICHT, 1997; PARIZZI et al., 1998; ARAÚJO et al., 2005; GOMES et al., 2009). Atualmente, o clima regional é, em geral, marcado por um período de precipitação elevada, de outubro a março, e outro de estiagem, entre abril e setembro. As médias anuais de precipitação estão entre 1.000-1.500 mm e as de temperatura variam entre 19-22°C (SEA, 1980). A região marca a transição entre o Cerrado e a Mata Atlântica, apresentando grande diversidade e complexidade estrutural de ambientes e tipos fitofisionômicos, com destaque para as matas de galeria, florestas semidecíduais, matas de candeia, cerrado, campos rupestres e de altitude (CARVALHO FILHO et al., 2010; GUARÇONI et al., 2010; LAMOUNIER et al., 2010).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Foi feita extensa revisão da literatura sobre níveis e sucessões deposicionais fluviais no Quadrilátero Ferrífero e a releitura desses trabalhos em campo, a fim de relacionar as informações e de reinterpretá-las à luz do conjunto. Além disso, a partir de análises em gabinete, foram selecionadas novas áreas favoráveis à investigação em campo, tendo por base imagens de satélite no software Google Earth® e cartas topográficas do IBGE na escala de 1:50.000. Foram observadas rupturas na morfologia das vertentes, as quais poderiam denunciar a presença de acumulações sedimentares, e quaisquer cortes que proporcionassem exposições de perfis da subsuperfície (como em estradas ao longo dos vales), além de trechos de vales mais amplos e colmatados (alvéolos deposicionais).

As campanhas de campo foram realizadas entre 2012 e 2015, quando foram levantados dados de depósitos fluviais a partir de sucessões verticais e da observação do seu contexto espacial. Foram destacadas: a tipologia (escalonado, embutido, encaixado, de preenchimento, pareado, isolado – SUGUIO; BIGARELLA, 1979; CHRISTOFOLETTI, 1981; SUMMERFIELD, 1991; EASTERBROOK, 1999); a altitude e a posição dos depósitos em relação aos cursos fluviais atuais (altura da base do perfil estimada em campo e/ou cartas topográficas); textura (pelo tato das mãos), espessura e organização de fácies sedimentares, incluindo o tipo de transição entre as mesmas (abrupta ou gradual). Nas camadas de cascalho foi determinado o tamanho médio, a litologia e o grau de arredondamento dos clastos, bem como o tipo de matriz, quando presente. Observou-se ainda a presença de estruturas sedimentares, cimentação, matéria orgânica e bioturbação.

Os níveis deposicionais de cada vale foram identificados, sobretudo, pela relação dos dados de altura e composição estratigráfica dos depósitos. Foram feitas representações da organização desses níveis em seções transversais aos vales, além de perfis estratigráficos de síntese. Estes perfis devem ser compreendidos como um sumário de todas as seções relativas ao nível deposicional, não representando uma seção-tipo, ou seja, uma reprodução fiel do perfil sedimentar mais significativo. Desse modo, os perfis-síntese não podem ser situados exatamente, pois refletem uma superposição de dados.

A seleção de depósitos para datação por Luminescência Opticamente Estimulada (LOE) foi limitada pela disponibilidade de camadas relativamente homogêneas, com pelo menos 10 cm e com abundância de areia quartzosa. Em muitos casos, os registros deposicionais apresentam apenas fácies de cascalho cimentado, não permitindo a coleta de amostras para datação por LOE. Assim, apenas três novas sucessões deposicionais (Figura 1) foram amostradas para a datação dos sedimentos por LOE. Foram coletadas amostras ao abrigo de luz, utilizando-se sacos pretos e tubos de PVC (5x30 cm). Estes foram inseridos nos perfis horizontalmente, por percussão, coletando-se amostras em camadas preferencialmente mais arenosas mais próximas da base das sucessões deposicionais. As amostras foram enviadas ao laboratório Datação, Comércio e Prestação de Serviços Ltda., em São Paulo, onde foram preparadas e analisadas para a extração de sua idade absoluta. No laboratório, o material da parte central dos tubos foi extraído e todo o seu tratamento se deu sob luz vermelha de baixa intensidade. As amostras foram analisadas pelo método SAR (*single aliquot regenerative-dose*), no qual apenas uma alíquota (~7 mg) é utilizada na medida do sinal natural de LOE e nas diversas etapas de irradiação para a construção da curva de calibração. Foram analisadas cinco alíquotas em cada amostra e obtido um valor médio. O detalhamento da metodologia pode ser encontrado no sítio eletrônico do laboratório (<http://www.datacao.com.br/>).

4 RESULTADOS

Os remanescentes de níveis fluviais analisados são de pequena dimensão e restritos lateralmente, além de localizados em zonas descontínuas de acumulação ao longo dos vales, muitas vezes separadas por corredeiras ou quedas d'água e gargantas de superimposição (“fechos”). Exceto os mais recentes, quase sempre os níveis fluviais se encontram descaracterizados morfológicamente por intensos processos bio-pedo-geomorfológicos, principalmente erosão e coluvionamento. Desse modo, os registros fora do contexto de fundo de vale só podem ser notados em perfis expostos. Além do desmonte natural, é nítido o desmonte antrópico dos depósitos, seja pela exploração histórica de ouro de aluvião e gemas (MARTINS, 1994; HENRIQUES, 2008; COSTA et al., 2010; SILVA, 2012), seja pela expansão de áreas urbanas e periurbanas.

A despeito disso, os registros deposicionais levantados permitem a constatação de indícios e evidências de um relevo dinâmico, sensível às forças tectônicas e oscilações climáticas do Quaternário Superior, e de uma paisagem fluvial significativamente jovem. A síntese dos dados levantados na bacia do alto Rio Doce pode ser observada na Tabela 1 e os dados detalhados das datações por LOE na Tabela 2.

Tabela 1 – Síntese dos níveis deposicionais fluviais da bacia do alto Rio Doce

Curso d'água	Nível deposicional	Tipologia	Altura (m)
Rio Conceição	Nível 8 – N8	Escalonado e isolado	55-60
	Nível 7 – N7	Escalonado e isolado	50
	Nível 6 – N6	Escalonado e isolado	35-40
	Nível 5 – N5	Escalonado e pareado	15-20
	Nível 4 – N4	Escalonado e pareado	5-10
	Nível 3 – N3	Escalonado/De preenchimento e pareado	0
	Nível 2 – N2	Embutido e pareado	0
	Nível 1 – N1	Embutido e pareado	0
Ribeirão do Caraça	Nível 6 – N6	Idem N8 do Rio Conceição	
	Nível 5 – N5	Idem N7 do Rio Conceição	
	Nível 4 – N4	Idem N6 do Rio Conceição	
	Nível 3 – N3	Idem N5 do Rio Conceição	
	Nível 2 – N2	Escalonado/De preenchimento e pareado	0
	Nível 1 – N1	Embutido e pareado	0
Rio Barão de Cocais	Nível 4 – N4	Escalonado e isolado	10-15
	Nível 3 – N3	Escalonado e isolado	5-10
	Nível 2 – N2	Escalonado/De preenchimento e pareado	0
	Nível 1 – N1	Embutido e pareado	0
Ribeirão Coqueiros	Nível 3 – N3	Escalonado e isolado	35
	Nível 2 – N2	Escalonado e pareado	10
	Nível 1 – N1	Escalonado e pareado	0
Ribeirão do Carmo	Nível 3 – N3	Escalonado e pareado	5-10
	Nível 2 – N2	Escalonado/De preenchimento e pareado	0
	Nível 1 – N1	Embutido e pareado	0

Fonte: Elaboração do autor (2017).

Tabela 2 – Concentrações de Th, U e K, doses anual e acumulada e idade de cada amostra

Nível fluvial	Th (ppm)	U (ppm)	K (%)	Dose anual (μGa/ano)	Dose Acum. (Ga)	Idade (Ka)
Vale do Rio Conceição						
N8	2,84±0,10	1,03±0,04	0,12±0,02	806±36	112,3	139,3±13,2
N6	6,38±0,23	2,23±0,64	0,06±0,01	1.315±190	110,1	83,8±16,3
N5	2,13±0,08	1,22±0,28	0±0	675±77	114,3	169,5±27,9
N4	1,04±0,04	0,68±0,06	0±0	455±18	46,0	101,2±9,0
	6,00±0,22	2,38±0,64	0±0	1.285±195	44,1	34,3±6,8 *
N3	4,89±0,18	1,71±0,36	0,19±0,03	1.207±134	93,0	77,0±12,4
	4,09±0,15	1,92±0,31	0,30±0,04	1.260±135	34,8	27,5±4,3 *
N2	4,81±0,17	2,42±0,46	1,42±0,21	2.641±343	5,0	1,9±0,300
Vale do Rio Barão de Cocais						
N2	6,13±0,22	2,04±0,04	0,45±0,07	1.590±95	25,4	16,0±1,8 *

Fonte: Barros e Magalhães Jr. (2013) e este trabalho*.

Um dos maiores desafios para a datação de registros sedimentares fluviais na alta bacia do Rio Doce é a obtenção de amostras apropriadas. Desse modo, além do vale do Rio Conceição, apenas no vale do Rio Barão de Cocais se pôde obter uma amostra mais adequada para a datação. A idade avançada dos depósitos, bem como a não preservação de acumulações orgânicas em quantidade significativa impedem a aplicação da datação por radiocarbono, por exemplo. No caso da LOE, adotada neste trabalho, a ausência de adequadas lentes ou camadas arenosas nos pacotes sedimentares também é um limitador para a amostragem adequada.

A seguir, os resultados são apresentados por vale fluvial.

4.1 O vale do Rio Conceição

Foram identificados oito níveis deposicionais fluviais no vale do Rio Conceição (Tabela 1, Figuras 2 e 3):

i) N8: tem idade de ~139 Ka (Tabela 2) e apresenta fácies de cascalho sub-anguloso a arredondado, de quartzo (maiores), itabirito (menores) e filito (mais angulosos), presença de matriz areno-argilosa a argilosa e fácies superior argilosa a argilo-arenosa com grânulos e pequenos clastos (predominantemente de itabirito) esparsos ou em lentes;

ii) N7: couraça conglomerática, sendo o cascalho heterométrico, de quartzo (maiores) e itabirito (menores e mais arredondados), com presença de matriz arenosa. Comuns também nos demais vales, as couraças conglomeráticas são pacotes de sedimentos fluviais grossos cimentados e endurecidos devido à precipitação de óxi-hidróxidos de ferro no espaço intergranular;

iii) N6: datado em ~84 Ka (Tabela 2), tem fácies de cascalho anguloso a bem arredondado, que varia de grânulo a matacão, sendo os maiores de quartzo e os menores de itabirito, com presença de matriz areno-argilosa a argilo-arenosa, sobreposta por material argilo-arenoso maciço e com grânulos esparsos;

iv) N5: couraça conglomerática, sendo o cascalho quase sempre bem arredondado, de itabirito, quartzo e quartzito, com presença de matriz arenosa, podendo apresentar partes não cimentadas, com estratificações cruzadas e formas de paleocanais. Possui espessura de até ~15 m;

v) N4: tem cascalho anguloso a bem arredondado, de itabirito (predominantes à montante), quartzo (predominantes à jusante) e filito (menos comuns), podendo ocorrer fragmentos de couraça conglomerática. Possui matriz arenosa e lentes de areia (localmente com estrutura deposicional preservada) – cujas datações por LOE forneceram idades de ~34 Ka e ~101 Ka (Tabela 2) – e argila, sendo o material superior areno-argiloso a argiloso maciço com grânulos esparsos;

vi) N3: apresenta abundantes registros, sobretudo da fácies basal, sendo composto por cascalho heterométrico (de quartzo e itabirito) e matriz arenosa cimentados (podendo apresentar 4 m de espessura acima da lâmina d'água), sendo o material superior maciço, de coloração vermelha intensa, bastante coeso, sem granulometria dominante, as idades obtidas foram bem diferentes (~28 Ka e ~77 Ka – Tabela 2);

vii) N2: datado em ~2 Ka (Tabela 2), tem fácies inferior de cascalho sub-anguloso a arredondado, heterométrico (grânulos a matacão), de quartzo, itabirito (os maiores) e filito (mais angulosos). A matriz é areno-siltosa, havendo lentes de material argiloso e grânulos esparsos. A fácies superior é de material silto-arenoso a areno-siltoso com pequenos grãos esparsos;

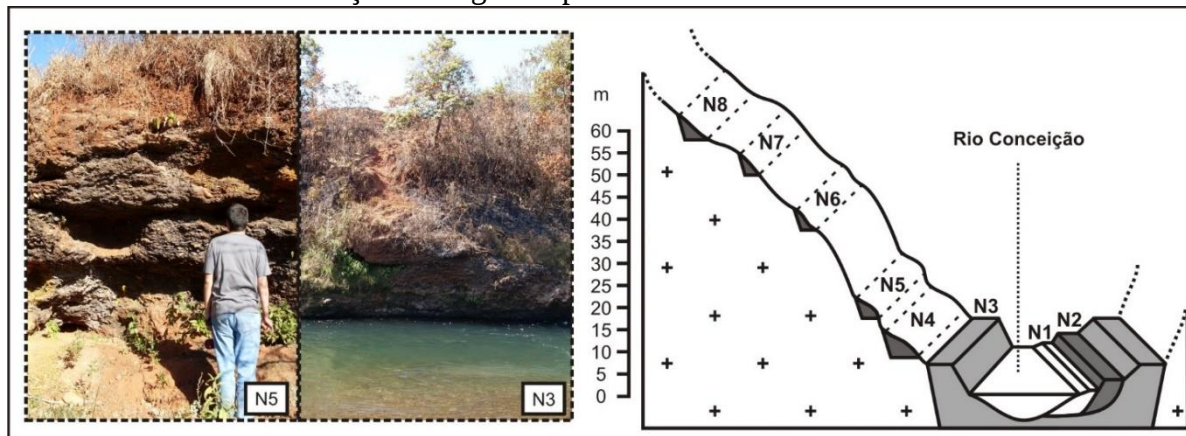
viii) N1: bastante restrito lateralmente, apresenta duas fácies com transição gradacional, sendo a fácies inferior de cascalho sub-anguloso a arredondado – de itabirito, quartzo e quartzito com matriz arenosa e ocorrência de lentes de areia fina de itabirito – e a fácies superior de areia média de quartzo e itabirito com grânulos de itabirito esparsos.

Os níveis mais antigos (N8 a N4) são encontrados ao longo das vertentes, tendo sido descaracterizados morfologicamente. O N3 é o único nível abandonado que ainda pode ser caracterizado como terraço fluvial em vários segmentos do vale. Destaca-se a formação alternada de níveis com couraças conglomeráticas (N7, N5 e N3) e níveis sem couraças conglomeráticas (N8, N6, N4 e planície), dando indícios de condicionantes cíclicos para tal formação. Os níveis com formação de couraças conglomeráticas apresentam camadas de cascalho e areia significativamente maiores, sendo muitas vezes as únicas fácies preservadas.

O contato dos depósitos do N3 com o substrato rochoso não foi visualizado em nenhum local. Além disso, ocorrem grandes blocos da fácies basal deste nível nas margens e no fundo do leito do rio atual. Esses fatos sustentam a afirmação de que o N1 e o N2 estão integralmente embutidos neste nível. Em alguns trechos, o N2 divide com o N1 a posição topográfica de planície de inundação, diferenciando-se da deposição ordinária atual apenas estratigraficamente. Em outros segmentos, a planície se apresenta em dois patamares com pequena diferença de altura dos topos. Vale destacar

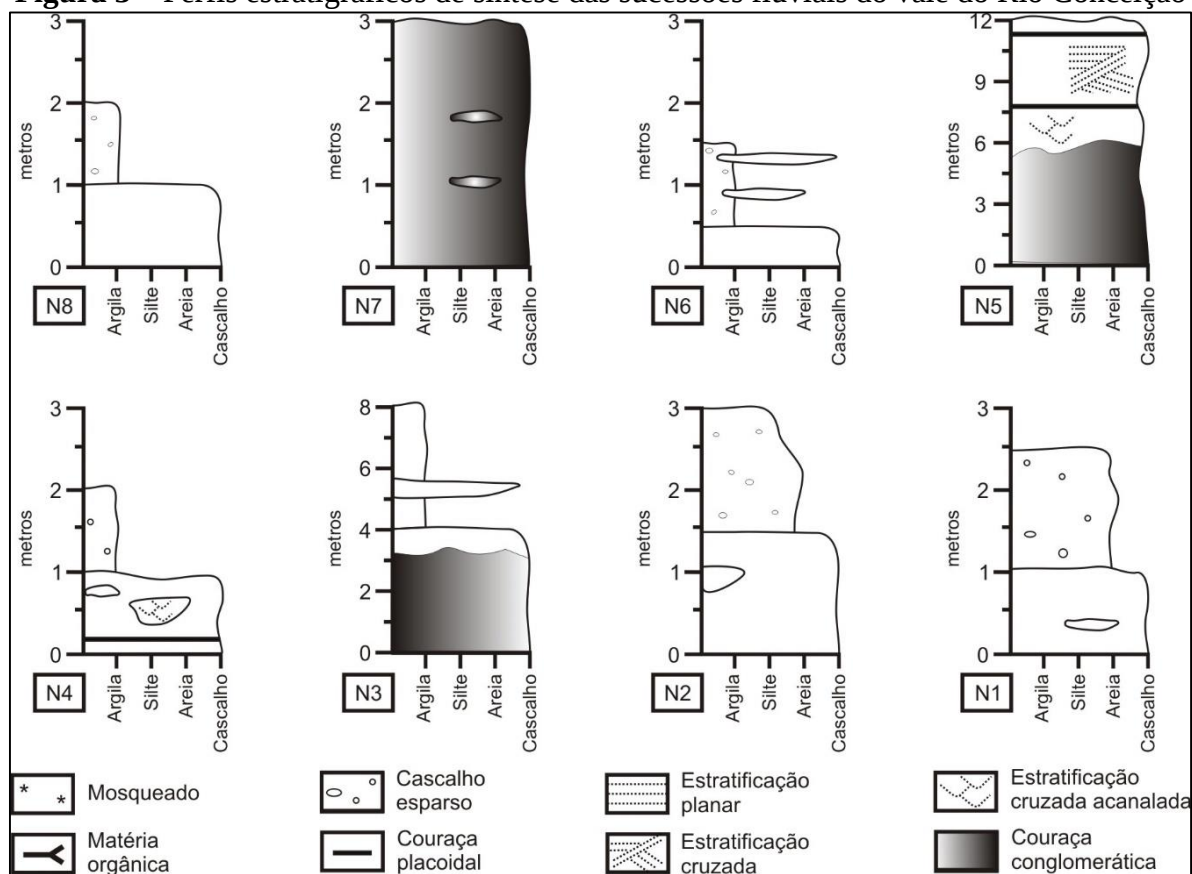
que, ainda que em alguns segmentos o N2 ainda receba sedimentos finos em eventos de inundações mais expressivas, sua base é composta por sedimentos “fósseis”, pois são muito maiores que os passíveis de serem transportados atualmente, conforme ilustrado por Barros e Magalhães Jr. (2013).

Figura 2 – Perfil transversal síntese com a organização dos níveis deposicionais fluviais do vale do Rio Conceição e imagens representativas de sucessões fluviais



Fonte: Elaboração do autor (2017).

Figura 3 – Perfis estratigráficos de síntese das sucessões fluviais do vale do Rio Conceição



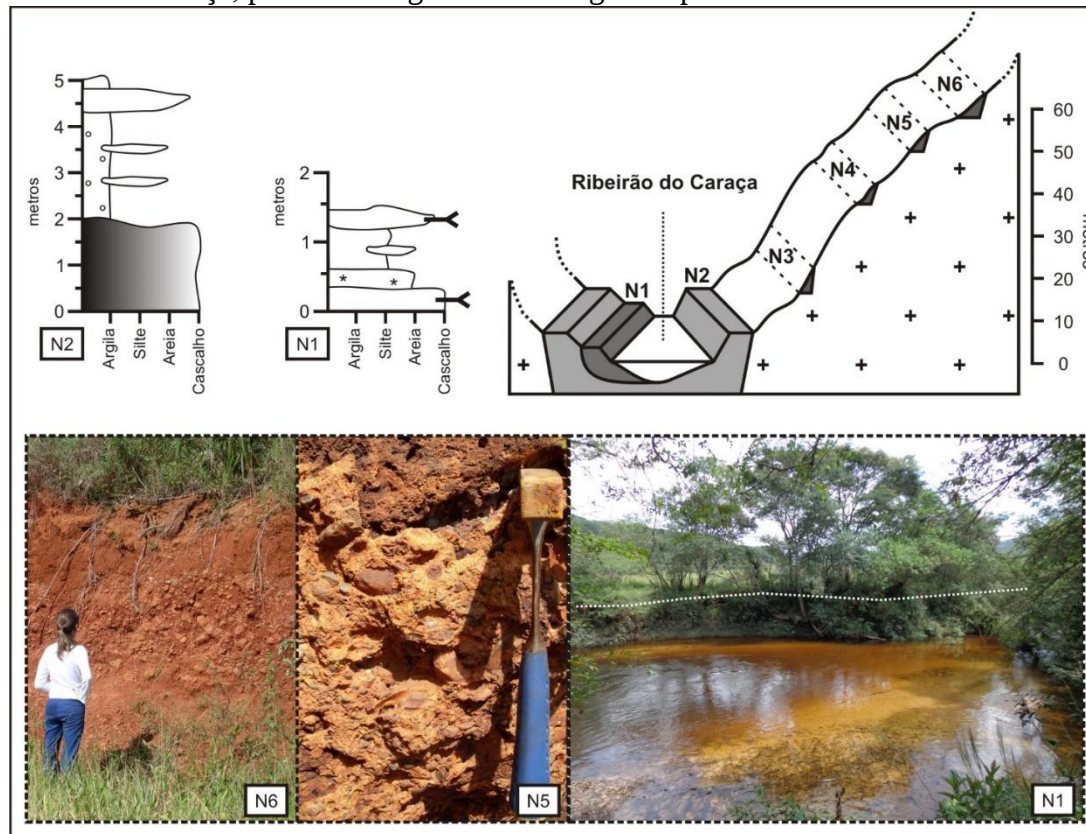
Fonte: Elaboração do autor (2017).

4.2 O vale do Ribeirão do Caraça

Os registros deposicionais fluviais mais antigos do vale do Ribeirão do Caraça (N6 a N3) estão em uma zona de confluência com o Rio Conceição, do qual é afluente, por isso foram atribuídos

a ambos os cursos d'água (Tabela 1). No fundo de vale, os registros também revelam um quadro semelhante ao do Rio Conceição. Desse modo, podem ser descritos até seis níveis deposicionais, sendo (Figura 4):

Figura 4 – Perfil transversal síntese com a organização dos níveis deposicionais fluviais do vale do Ribeirão do Caraça, perfis estratigráficos e imagens representativas de sucessões fluviais



Fonte: Elaboração do autor (2017).

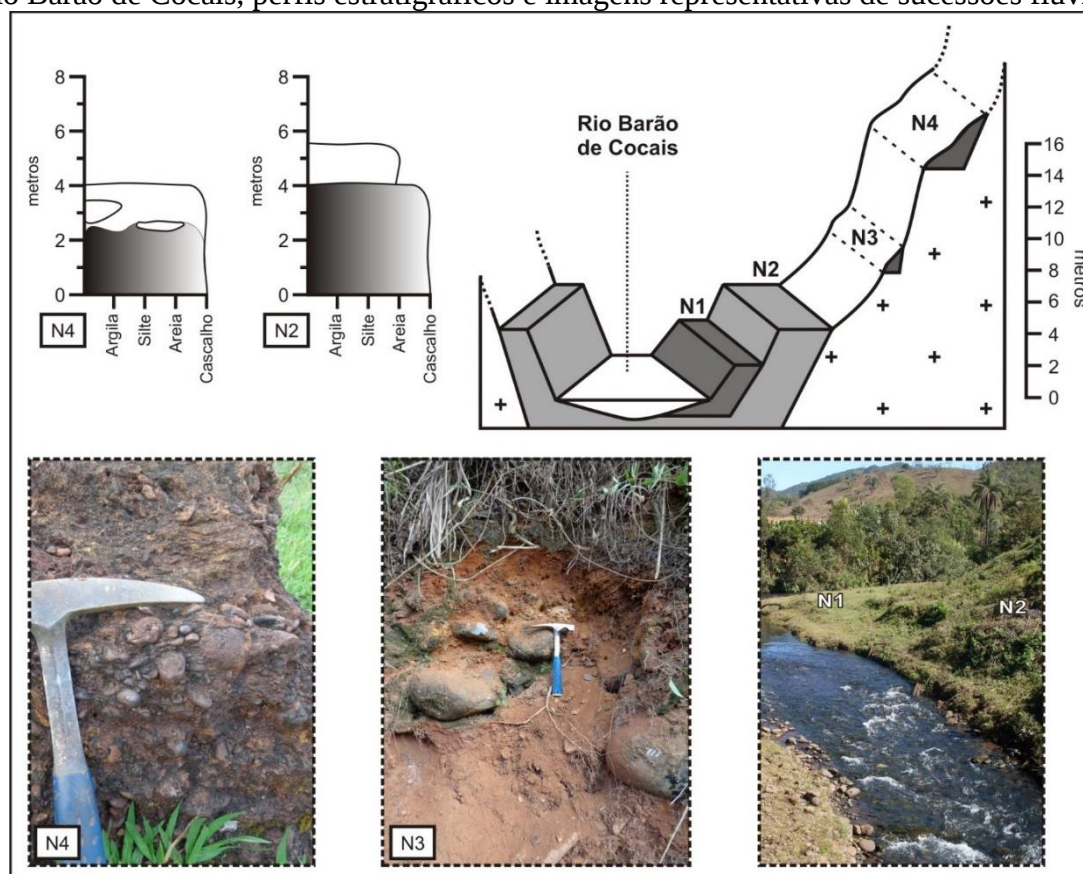
- i) N6: corresponde ao N8 do Rio Conceição;
- ii) N5: corresponde ao N7 do Rio Conceição;
- iii) N4: corresponde ao N6 do Rio Conceição;
- iv) N3: corresponde ao N5 do Rio Conceição;
- v) N2: nível de preenchimento, apresenta depósitos de cascalho (de quartzo e quartzito, subarredondado a sub-anguloso) cimentados, principalmente próximo à confluência com o Rio Conceição, e fácies superior de material argiloso com ocorrência de lentes de areia e pequenos clastos esparsos;
- vi) N1: embutido no N2, possui depósitos com maior diversidade de fácies, sendo a basal composta de cascalho subanguloso de quartzito, sobreposta por fácies arenosa com presença de mosqueados, por fácies predominantemente siltosa e, no topo, novamente fácies de leito com clastos de xisto, filito e quartzito, rica em matéria orgânica.

Muitas vezes, depósitos recentes (ricos em material argilo-siltoso com presença de estruturas plano-paralelas) recobrem o N1, podendo também ser encontrados sobre o N2, em locais onde a fácies de finos foi erodida. Entretanto, estes depósitos não chegam a formar novo nível deposicional, embora registrem eventos deposicionais mais recentes. Destaca-se ainda que na carga de leito atual é comum a presença de cascalho oriundo do desmonte dos níveis mais antigos, conforme já haviam observado Cherem et al. (2008).

4.3 O vale do Rio Barão de Cocais (ou Socorro)

No vale do Rio Barão de Cocais foram observados depósitos de quatro níveis deposicionais (Tabela 1, Figura 5):

Figura 5 – Perfil transversal síntese com a organização dos níveis deposicionais fluviais do vale do Rio Barão de Cocais, perfis estratigráficos e imagens representativas de sucessões fluviais.



Fonte: Elaboração do autor (2017).

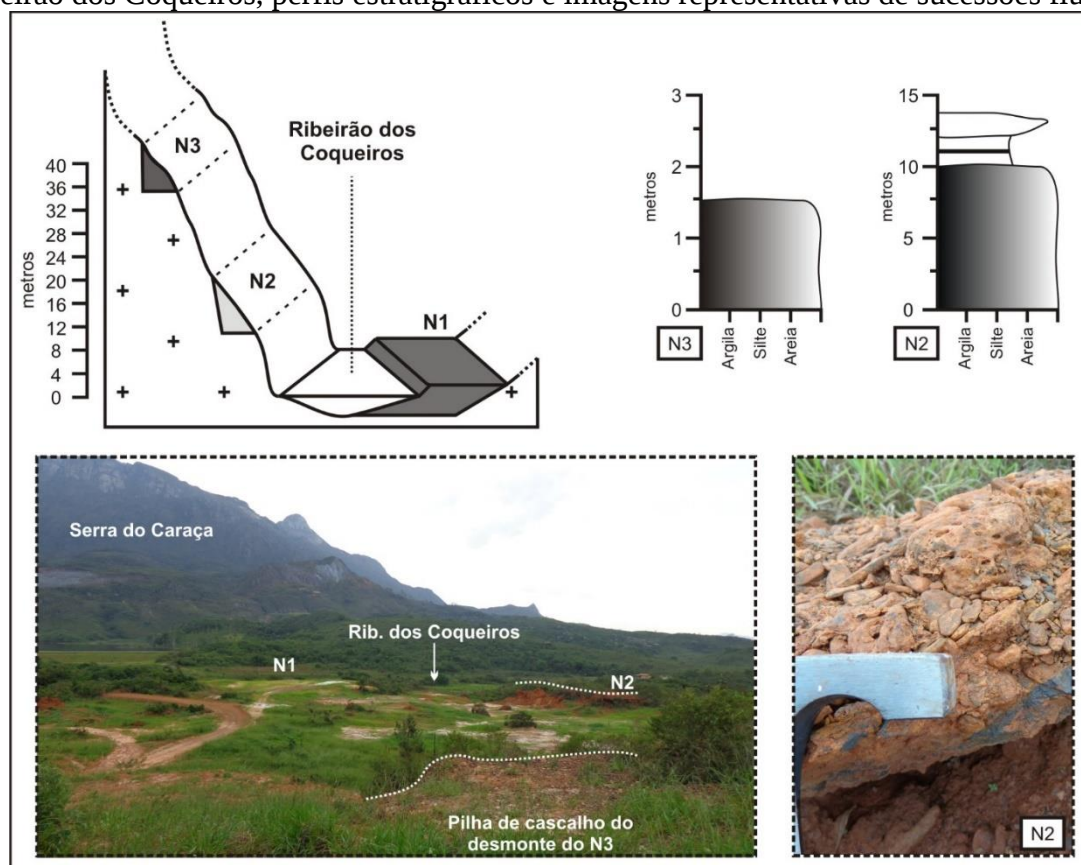
- i) N4: fragmentos de couraça conglomerática com cascalho arredondado a subarredondado, principalmente de itabirito e quartzo;
- ii) N3: cascalho basal heterométrico, arredondado a subarredondado, principalmente de itabirito, quartzito ferruginoso e quartzito, com presença de matriz areno-argilosa e fácies superior de material areno-argiloso com cascalho esparso;
- iii) N2: couraça conglomerática com até 3 m de espessura, contendo cascalho heterométrico (principalmente de quartzo e de itabirito, mais arredondados) e matriz arenosa, sendo sobreposto por material areno-argiloso de cor bruno e bastante homogêneo, datado em ~16 Ka (Tabela 2);
- iv) N1: planície de inundação.

Além desses níveis bem marcados, depósitos de colúvio com presença de cascalho bem arredondado foram localizados a cerca de 30 m e de 50 m acima da drenagem, inclusive com a presença de matacão arredondado, atestando a pré-existência de níveis fluviais mais antigos.

4.4 O vale do Ribeirão dos Coqueiros

No vale do Ribeirão dos Coqueiros (ou Maquiné) poucos depósitos fluviais preservados podem ser observados, devido à histórica exploração de ouro nos mesmos (SILVA, 2012). Entretanto, nas imediações do distrito de Morro da Água Quente, município de Catas Altas, encontram-se registros de três níveis deposicionais fluviais com sucessões caracterizáveis (Tabela 1, Figura 6):

Figura 6 – Perfil transversal síntese com a organização dos níveis deposicionais fluviais do vale do Ribeirão dos Coqueiros, perfis estratigráficos e imagens representativas de sucessões fluviais.



Fonte: Elaboração do autor (2017).

- i) N3: nível de cascalho cimentado por oxi-hidróxidos de ferro, situado a uma altitude aproximada de 765-770 m;
- ii) N2: situado em altitudes entre 740-755 m, caracteriza-se por fácies basal de cascalho de quartzo, quartzito (maiores) e itabirito (mais comuns) cimentado por oxi-hidróxidos de ferro, recoberta por material areno-argiloso, por camada com pequenos clastos de itabirito com matriz arenosa e por camada de cascalho de itabirito. Há couraça limonítica no contato entre as duas últimas camadas;
- iii) N1: planície de inundação.

À montante da cidade de Catas Altas se encontra a maioria dos registros deposicionais dos níveis mais antigos. Já à jusante eles são raros, porém a colmatação do fundo do vale é marcante, estando provavelmente condicionada por antiga falha ou zona de cisalhamento compressional perpendicular ao Ribeirão dos Coqueiros (denominado Maquiné neste trecho).

Maxwell (1972) e Rossi (2008) mapearam os níveis deposicionais fluviais desta área, porém não apresentaram as sucessões deposicionais associadas. Segundo Maxwell (1972), dois paleoníveis

fluviais são encontrados, sendo um “terraço de erosão” entre 1.000-1.100 m, e outro nível a 750 m com depósitos entre 20-40 m acima da drenagem atual.

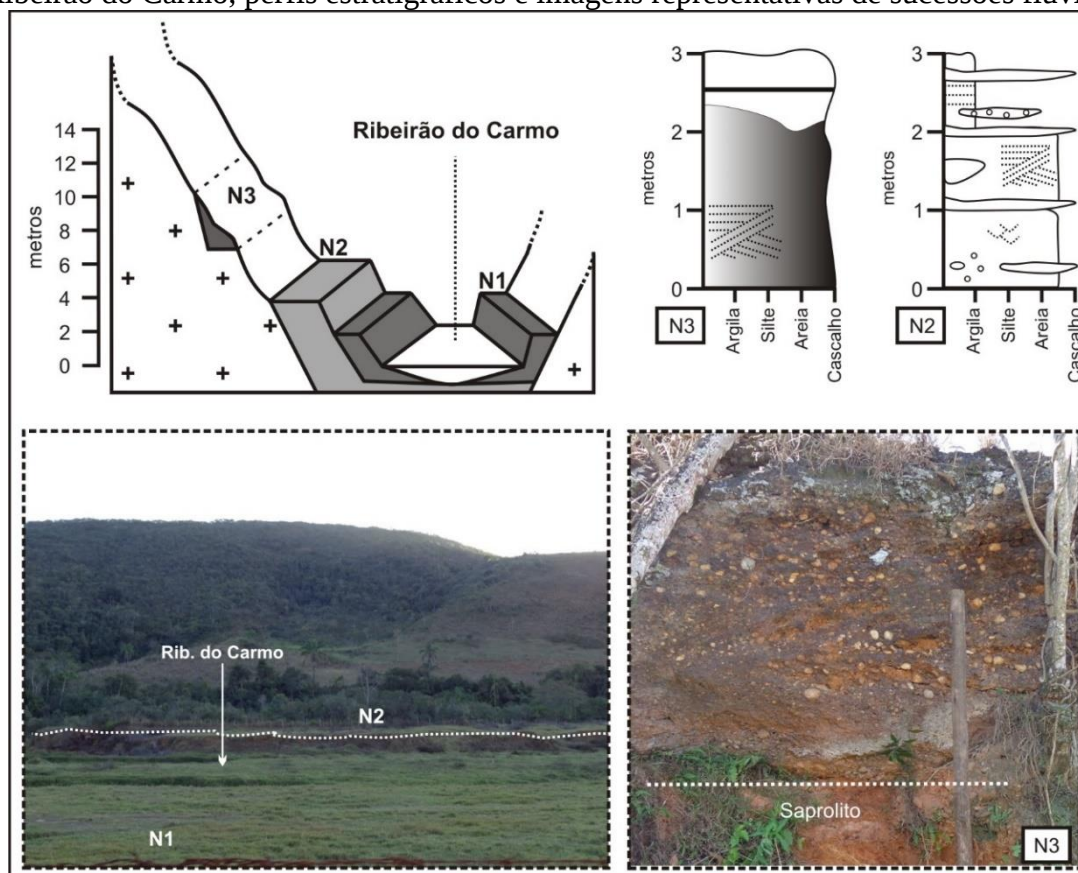
Para Rossi (2008), haveria quatro paleoníveis fluviais, identificados com base em cotas altimétricas e feições da exploração histórica do ouro de aluvião. Entretanto, em muitas das áreas mapeadas encontram-se apenas pequenos fragmentos de couraças conglomeráticas e pilhas de seixos, testemunhando o desmonte dos depósitos para a exploração. Desse modo, não há representativas sucessões fluviais originais caracterizáveis.

Rossi (2008) também propõe que os níveis e sucessões deposicionais fluviais do vale do Ribeirão dos Coqueiros teriam sido desenvolvidos pelo Rio Piracicaba e dissecados pela drenagem atual após a captura deste rio, próximo à Chapada de Canga. De fato, o tamanho da bacia do Ribeirão dos Coqueiros é incompatível com o porte dos depósitos fluviais deste vale, ainda que contribuições diretas de leques aluviais da Serra do Caraça sejam consideradas. Além disso, são nítidos os cotovelos de drenagem na provável área de captura do Rio Piracicaba, bem como a aparente ausência de depósitos de níveis antigos conforme investigação de campo, a despeito de ser um curso d'água de porte significativamente maior que o Ribeirão dos Coqueiros.

4.5 O vale do Ribeirão do Carmo

No vale do Ribeirão do Carmo, três níveis fluviais bem marcados podem ser observados entre Mariana e Monsenhor Horta (Tabela 1, Figura 7):

Figura 7 – Perfil transversal síntese com a organização dos níveis deposicionais fluviais do vale do Ribeirão do Carmo, perfis estratigráficos e imagens representativas de sucessões fluviais



Fonte: Elaboração do autor (2017).

i) N3: nível de cascalho cimentado, situado entre 5 e 10 m de altura. Enquanto em alguns perfis a cimentação atinge todo o depósito preservado, em outros a cimentação tem caráter placoidal;

- ii) N2: terraço que preenche o fundo de vale, tendo seu topo cerca de 2 m acima do topo da planície de inundação. Caracteriza-se por fácies basal de cascalho e areia fina a grossa, com estratificações cruzadas acanaladas e plano-paralelas, sobreposta por material argiloso com lentes arenosas;
- iii) N1: planície de inundação.

5 DISCUSSÃO

Cada um dos vales investigados apresenta um número diferente de níveis deposicionais fluviais reconhecíveis. A formação e a preservação de níveis fluviais dependem de fatores como a magnitude e a duração do evento deposicional, a idade do depósito, o modo de migração do canal, características das paredes do vale e do leito rochoso, bem como a dinâmica tectônica (JACOBSON et al., 2003). Os processos dominantes nas vertentes e/ou o contexto tectônico local e regional desempenham, muitas vezes, o papel definitivo na determinação de onde os depósitos fluviais podem ser preservados (JACOBSON et al., 2003; PAZZAGLIA, 2013). Nesse sentido, os vales encaixados estão sujeitos a erosão mais intensa e a movimentos de massa nas vertentes, removendo ou soterrando registros de níveis deposicionais mais antigos. Por exemplo, no vale do Rio Barão de Cocais foram identificados registros de níveis fluviais apenas até 10-15 m acima da drenagem atual. Entretanto, colúvios com cascalho fluvial cerca de 50 m acima da drenagem indicam a pré-existência níveis anteriores.

No entanto, mesmo incompletos, os registros deposicionais fluviais da alta bacia do Rio Doce no contexto do Quadrilátero Ferrífero são componentes essenciais para a compreensão da geomorfogênese neocenozoica regional. As principais características do quadro de níveis e sucessões deposicionais fluviais na alta bacia do Rio Doce são a ocorrência generalizada de níveis fluviais escalonados e pareados, em detrimento de níveis mais recentes embutidos, e a abundância de sucessões deposicionais transformadas em couraças conglomeráticas ferruginosas. Essas características dão importantes indícios e evidências do condicionamento neotectônico e paleoclimático sobre a evolução dos sistemas fluviais da região. Antes de aprofundar nesses temas, no entanto, é necessário discutir os dados geocronológicos, tendo em vista a possibilidade de relacionar os eventos identificados com os apontados na literatura para outras áreas do domínio do Quadrilátero Ferrífero.

5.1 As datações por LOE

O estabelecimento de uma clara cronologia para os eventos de sedimentação fluvial na alta bacia do Rio Doce ainda não pôde ser alcançado, apesar dos avanços logrados neste trabalho a partir de novas datações e interpretações, permitindo inclusive reavaliar dados anteriores. Nesse sentido, baseados em diferentes técnicas, novos trabalhos poderão permitir uma avaliação mais crítica dos resultados ora apresentados.

Conforme observam Kock et al. (2009), a ausência de adequadas lentes ou camadas arenosas nos pacotes sedimentares permanece como um dos principais problemas para obtenção de idades coerentes em ambientes fluviais de elevada energia, como em áreas serranas como a alta bacia do Rio Doce no contexto do Quadrilátero Ferrífero. Geralmente, a dose anual é determinada pela aferição da concentração de radionuclídeos (U, Th, K) na amostra e estimativa da radiação cósmica na latitude, altitude e profundidade da mesma. Assim, é importante que a coleta seja feita no centro de camadas relativamente homogêneas. Segundo Burbank e Anderson (2001), um raio de 30 cm define aproximadamente o volume que vai contribuir com a maior parte da radiação recebida pela amostra. Entretanto, são raros os depósitos observados no Quadrilátero Ferrífero que apresentam fácies de leito com lentes ou camadas arenosas com essa espessura.

Algumas das datações obtidas em trabalho anterior forneceram idades superestimadas, como a do N3 (~77 Ka), N4 (~100 Ka) e N5 (~170 Ka) do Rio Conceição, apresentadas por Barros e Magalhães Jr. (2013). Uma possível causa foi a coleta de material em fácies com presença marcante de siltes e argilas. Isso indica que as camadas amostradas foram depositadas sob correntes de turbidez elevada, o que compromete o adequado esvaziamento prévio do sinal da luminescência nos grãos de quartzo (*partial bleaching*), conforme indicam Jain et al. (2004).

Outro fato a se considerar é a presença de minerais acessórios. Segundo Murray e Olley (2002), óxidos de ferro, titânio e zircônio, bem como inclusões com concentração de U e Th nos grãos de quartzo podem fornecer idades superestimadas. A abundância de oxi-hidróxidos de ferro no N5 e no N3 é evidenciada pela coloração vermelha intensa das camadas de sedimentos finos (quando presentes) e pela cimentação ferruginosa de camadas de cascalho e areia. As idades acima mencionadas foram obtidas após uma segunda lavagem dos grãos para remoção de oxi-hidróxidos de ferro, sendo que uma primeira análise forneceu idades ainda mais incoerentes (~130 Ka, ~260 Ka e ~230 Ka para N3, N4 e N5, respectivamente). Ainda assim, as idades obtidas anteriormente podem ser consideradas superestimadas, tendo em vista as novas datações de depósitos do N3 e do N4.

No caso do N3, a nova datação foi feita no mesmo depósito amostrado anteriormente (Tabela 2), porém em camada correspondente à fácies de leito, onde os grãos são geralmente mais expostos à luz solar antes da deposição final, evitando o *partial bleaching*. O resultado revelou idade de ~27 Ka, compatível com sucessões fluviais semelhantes no vale do Rio Maracujá (~28 Ka – MAGALHÃES et al., 2012), afluente do Rio da Velhas, bacia adjacente à do Rio Conceição. A nova datação também é compatível com a idade de formação de couraça ferruginosa sobre gleissolos húmicos no triângulo mineiro, obtida por radiocarbono (24-27 Ka – MEUNIER et al., 2013).

Em relação ao N4, a nova datação foi feita em depósito diferente do amostrado anteriormente. Foi obtida idade de ~34 Ka, que também se aproxima da idade obtida para níveis fluviais correlatos na bacia do Rio Maracujá, datados por LOE em ~38 Ka (MAGALHÃES et al., 2012) e por radiocarbono em ~32 Ka (BACELLAR et al., 2005). Nesse caso, conforme pode ser observado na Tabela 2, as duas datações do N4 forneceram valores semelhantes de dose acumulada, porém a primeira datação está relacionada a valores muito baixos de Th, U e K, resultando numa dose anual muito baixa e, conseqüentemente, uma idade elevada. Segundo o laboratório responsável pelas datações, valores tão baixos para esses elementos são dificilmente observados, o que pode indicar erros de medida.

Para as amostras do vale do Rio Conceição é preciso considerar ainda o possível atingimento do limite de saturação do sinal LOE em amostras de níveis mais antigos, tendo em vista os valores muito próximos de dose acumulada encontrados nas amostras dos níveis N8, N6 e N5 (~110 Ga – Tabela 2). Apesar de fornecer idades de várias centenas de milhares de anos, a saturação do sinal LOE pode ser alcançada com cerca de 150 Ka ou menos em sedimentos ricos em elementos radioativos (KOCK et al., 2009). Nesse sentido, pode haver uma razoável margem de erro para a datação de sedimentos muito antigos, uma vez que o sinal da luminescência para de crescer linearmente com a adição de radiação a partir de certa idade, pois as armadilhas estariam saturadas (BURBANK; ANDERSON, 2001; JAIN et al., 2004).

5.2 Implicações paleoclimáticas

Em alguns vales, as oscilações climáticas quaternárias – induzindo alterações hidrossedimentológicas nas bacias – teriam condicionado a formação e o abandono de níveis fluviais nos fundos de vale, principalmente em resposta às novas condições climáticas do Holoceno, conforme observado em diversas áreas do globo (THOMAS, 2008). Isso seria evidente nos vales dos rios Conceição, Caraça e Barão de Cocais. A organização dos níveis deposicionais nos fundos de vale desses cursos d'água não é compatível com condicionantes tectônicos para o abandono dos níveis de preenchimento. Isso porque estes níveis ainda se encontram nessa posição, sem desnível para o canal

atual, inclusive não sendo possível visualizar seu contato com a rocha, de modo que os níveis subsequentes se encontram embutidos. Também não há indícios ou evidências de grandes rearranjos holocênicos na drenagem de suas bacias hidrográficas que justificassem uma alteração do regime hidrossedimentológico pela perda de áreas de drenagem.

Essa relação entre oscilações climáticas e o comportamento hidrossedimentológico nos vales é mais explícita na gênese das couraças conglomeráticas ferruginosas associadas aos níveis fluviais pleistocênicos, sendo comumente encontradas na alta bacia do Rio Doce. A partir da correlação da idade dos registros sedimentares fluviais com dados paleobioclimáticos do sudeste do Brasil encontrados na literatura, nota-se que a ocorrência das couraças coincide com fases climáticas mais secas e/ou frias. Estas fases alternariam ciclicamente com fases mais úmidas e/ou quentes, às quais não se encontram couraças associadas às sucessões fluviais.

Os estudos que apresentam dados paleoclimáticos de períodos anteriores a 50.000 anos no sudeste do Brasil são escassos, sobretudo em Minas Gerais (BARROS et al., 2011). Entretanto, dados obtidos por Ledru et al. (2005) e Cruz Jr. (2003) nas regiões de São Paulo e Iporanga, no estado de São Paulo, revelam um clima úmido a ~85 Ka, com estação seca reduzida ou ausente. Essa idade é semelhante à do N6 do Rio Conceição (~84 Ka), que, como descrito, não apresenta couraças.

Condições úmidas e frescas com período de maior umidade registrado a c. 35 Ka AP foram reveladas por Oliveira (1992) e Ledru et al. (1996). Esta idade se aproxima da nova datação obtida para o N4 do Rio Conceição, que também não apresenta couraça. Entretanto, esses dois períodos são intercalados pelo N5. Apesar de sua datação direta ter falhado, pelo arranjo dos níveis e dados paleoclimáticos disponíveis, é possível inferir que este nível, associado a expressivas courças, tenha se desenvolvido sob condições climáticas mais secas/frias a ~50 Ka, evidenciadas pelos estudos polínicos de Ledru et al. (1996), Behling e Lichte (1997) e Ledru et al. (2009).

Ambos tipificados como níveis de preenchimento e marcados pela abundância de couraças conglomeráticas ferruginosas, o N3 do Rio Conceição e o N2 do Rio Barão de Cocais apresentam, por sua vez, idades que se aproximam do Último Máximo Glacial (UMG), sendo ~28 Ka e ~16 Ka, respectivamente. A amostra do vale do Rio Barão de Cocais foi a única coletada em fácies superior, de ambiente marginal, por isso ela pode ter apresentado idade inferior à do Rio Conceição, coletada em fácies basal, de leito. Mais uma vez, a formação de couraças é condizente com uma fase climática mais seca/fria. Behling e Lichte (1997) estimaram temperaturas significativamente baixas, com frequentes geadas nos meses de inverno para a região. No Brasil, muitos testemunhos são marcados pela ausência de registros deposicionais entre ~25-16 Ka, o que marcaria um período generalizado de aridez durante o UMG (LEDRU, 1992; LEDRU et al., 1998).

Tendo em vista esse cenário, Barros et al. (2016) se dedicaram às evidências de oscilações bioclimáticas obtidas a partir da investigação direta das sucessões fluviais. Para isso, estes autores utilizaram como principais indicadores os tipos de fitólitos e isótopos de carbono presentes em depósitos de três níveis fluviais nos vales dos rios Conceição (bacia do Rio Doce) e Mango (bacia do Rio das Velhas), além de dados granulométricos, datações dos sedimentos por LOE e da matéria orgânica do solo (MOS) por radiocarbono.

Barros et al. (2016) concluíram que em períodos mais secos/frios haveria uma retração da vegetação de maior porte, diminuindo a eficiência da cobertura vegetal na proteção do solo contra erosão e movimentos de massa. Em consequência, espessos pacotes de sedimentos grossos (cascalho e areia) se acumulariam nos fundos de vale. A grande permeabilidade desses materiais e a oscilação do nível das águas subterrâneas promoveria a cimentação dos sedimentos pela precipitação de óxi-hidróxidos de ferro, tendo em vista a abundância desse elemento na região devido ao intemperismo das formações ferríferas bandadas (itabiritos). O último período em que se verificaria esse processo é coincidente com o UMG, quando a paisagem regional foi dominada por campos gramíneos, conforme o quadro revelado tanto pela literatura como pelos fitólitos analisados por Barros et al. (2016). Com o aumento gradual de temperatura e umidade e a instalação do clima atual, a vegetação de maior porte se estabeleceu, reduzindo a atuação dos processos desnudacionais mecânicos. Porém,

com a maior abundância de água, parte dos sedimentos foi remobilizada, abrindo espaço para o desenvolvimento de planícies de inundação embutidas.

Como nos vales dos rios Conceição, Barão de Cocais e Caraça as couraças conglomeráticas ferruginosas ainda ocorrem no fundo do vale atual, ou seja, como não houve encaixamento da drenagem posterior à sua deposição, pode-se inferir que essas couraças desempenham um papel de desaceleração do encaixamento da drenagem. Isso ocorreria devido a uma “proteção” do substrato rochoso dada pelas couraças, tendo em vista sua elevada resistência aos processos físicos e químicos de degradação. Nos vales dos ribeirões Coqueiros e do Carmo também há couraças em níveis relativamente recentes. Entretanto, após esses níveis são observados encaixamentos entre 5-10 m. No caso do Ribeirão Coqueiros um *input* tectônico de acordo com o quadro proposto por Rossi (2008) poderia explicar o rompimento das espessas couraças e incisão fluvial no substrato rochoso.

5.3 Implicações neotectônicas

Diversos indícios e evidências do condicionamento tectônico sobre a evolução dos vales fluviais na região podem ser destacados. Na bacia do Rio Conceição, Barros e Magalhães Jr. (2013) descreveram um conjunto de anomalias no trecho de confluência deste com os rios Barão de Cocais e Caraça. Dentre elas, destaca-se que em dois pontos são encontrados depósitos fluviais que sugerem a atividade de armadilhas tectônicas na retenção de sedimentos. Recentes fases distensivas são descritas por Lipski (2002) e Sant’Anna et al. (1997), responsáveis por falhamentos em coberturas lateríticas na bacia sedimentar de Fonseca, próximo a Catas Altas. Fases distensivas também são observadas em diferentes áreas do Sudeste do Brasil entre o Pleistoceno Superior e o Holoceno (SILVA; MELLO, 2011).

Na confluência com o Ribeirão do Caraça, perfis do N3 do Rio Conceição evidenciam um contínuo empilhamento dos sedimentos, típico de área sob subsidência local ou relativa. A observação do N1 também com duas fácies de leito no Ribeirão do Caraça indica que as condições de subsidência se mantiveram neste trecho, mesmo após às mudanças hidrodinâmicas que promoveram o abandono dos depósitos da fase anterior.

Além disso, no mapeamento geológico da área próxima a São Gonçalo do Rio Abaixo, CPRM (2005) indica falhas ou zonas de cisalhamento compressionais com bloco alto a ESE ou SE. Nessa mesma área, o Rio Conceição (também chamado Santa Bárbara neste trecho) faz uma inflexão para a direção oposta ao bloco elevado, que estaria à margem direita. Nesse trecho, só foram observados depósitos fluviais desenvolvidos exatamente nesta margem, o que, no conjunto, parece reforçar o basculamento na área proposto pelo mapeamento morfoneotectônico da bacia do Rio Doce realizado por Souza (1995), porém em escala mais ampla, envolvendo boa parte da bacia do Rio Piracicaba.

A provável captura do Rio Piracicaba, a concentração de níveis escalonados mais à montante no vale do Ribeirão Coqueiros e a colmatção do vale à jusante fazem parte dos indícios, discutidos por Rossi (2008), de blocos em soerguimento à montante da cidade de Catas Altas e de blocos em subsidência à jusante da mesma. Esse soerguimento dos blocos à montante, associado ao substrato composto por rochas do embasamento (Complexo Santa Bárbara – gnaisses, granitos e migmatitos), reconhecidamente mais frágeis, explicaria o fato do vale do Ribeirão dos Coqueiros ser um dos únicos onde houve encaixamento da drenagem após o que parece ter sido uma última fase regional de formação de couraças ferruginosas nos depósitos.

Uma das principais evidências de uma tectônica positiva na evolução quaternária da alta bacia do Rio Doce no contexto do Quadrilátero Ferrífero vem do escalonamento dos níveis deposicionais fluviais. Conforme Bridgland e Westaway (2008), é consenso na literatura que esse arranjo “em escadaria” de níveis fluviais seja resposta/registro de soerguimentos regionais. Conforme pode ser observado em todos os vales da região, as fases de sedimentação fluvial são separadas por períodos de encaixamento da drenagem.

Desse modo, o escalonamento em todos os vales estudados pode ser considerado resposta a um soerguimento crustal do Escudo Brasileiro, marcado, no entanto, por uma tectônica diferencial de blocos e por fases de maior atividade. Essas fases são indicadas pelo fato da maioria dos níveis fluviais observados na área ser do tipo escalonado e pareado (SUMMERFIELD, 1991; PAZZAGLIA, 2013). Os níveis fluviais isolados foram assim classificados provavelmente pela escassez de registros, tendo em vista serem sempre os mais antigos de cada vale.

Chama atenção, no entanto, a discrepância nas alturas dos níveis de diferentes vales, mesmo entre aqueles possivelmente correlatos. Isso mostra que, assim como na questão de superfícies de erosão (VARAJÃO, 1991; SALGADO, 2006), a existência de diferentes níveis de base locais e a importância de um comportamento tectônico em blocos – que afetou com intensidade variável as diferentes porções do relevo ao longo do Quaternário – inviabilizam a relação direta de cotas altimétricas e alturas para identificação das diferentes fases da evolução fluvial dos vales do Quadrilátero Ferrífero.

5.4 Influências antrópicas

A formação do nível deposicional mais recente em alguns dos vales estudados (rios Conceição, Carmo e Coqueiros) pode estar ligada a impactos da ocupação antrópica na área, a qual remonta ao século XVIII. Desde essa época já se tem relatos de impactos da extração de ouro na região, a qual se concentrou no leito do rio e nos baixos terraços, inicialmente. O revolvimento dos depósitos aluviais provocou um aumento no aporte sedimentar aos rios, provocando o assoreamento de canais fluviais (MARTINS, 1994). Além disso, há evidências de desvios e barramentos em córregos, também comprometendo a dinâmica hidrossedimentológica dos canais (HENRIQUES, 2008). Os passivos da atividade mineradora recente (minério de ferro) e da silvicultura de eucalipto também devem ser considerados, uma vez que interferem diretamente nas áreas de nascentes e de recarga de aquíferos.

Medina et al. (2005) destacam que os danos da histórica alteração antrópica da paisagem regional nos últimos séculos podem ter se agravado em razão das próprias características climáticas regionais, uma vez que predomina o clima subtropical moderado úmido. A forte sazonalidade das precipitações constitui um elemento que favoreceu a morfogênese, devido às fortes enxurradas sobre vertentes íngremes e, muitas vezes, desnudas devido ao desmatamento.

No vale do Ribeirão do Carmo, alguns depósitos do N1 inclusive apresentam objetos plásticos e de ferro, atestando a origem tecnogênica, além de sua composição faciológica indicar influências da exploração aurífera secular (COSTA et al., 2010). A idade recente também seria confirmada pelo insucesso da datação do N1 do vale do Rio Conceição (BARROS; MAGALHÃES Jr., 2013). Foi constatada intensidade inconstante do sinal LOE para a amostra deste nível, comum na utilização do método MAR (*Multiple Aliquot Regenerative-dose*) em depósitos com menos de 1 Ka (JAIN et al., 2004).

Ao longo do Ribeirão do Caraça podem ser encontrados depósitos argilo-siltosos recentes recobrimdo níveis de fundo de vale. No vale do Ribeirão dos Coqueiros, as interferências antrópicas são expressivas, inclusive com intervenções diretas ao longo do canal e enrocamento de suas margens em trecho à montante de Catas Altas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conjunto de dados discutidos neste trabalho revela indícios e evidências de uma paisagem fluvial jovem e de um relevo dinâmico na alta bacia do Rio Doce no contexto do Quadrilátero Ferrífero. O quadro dos níveis e sucessões deposicionais fluviais nessa área revela uma morfogênese sensível às forças neotectônicas e oscilações climáticas do Quaternário Superior e Holoceno. As seguintes conclusões podem ser elencadas:

- A região é marcada por vales com níveis deposicionais fluviais pareados e escalonados, indicando a influência direta de um soerguimento regional durante o Quaternário Tardio;
- A ocorrência de níveis de preenchimento com planícies de inundação embutidas nos vales dos Rios Conceição, Caraça e Barão de Cocais está relacionada com as alterações climáticas desde o UMG em direção às condições mais úmidas e quentes do clima atual;
- A permanência desses níveis de preenchimento pode estar relacionada à resistência física e química de suas couraças ferruginosas à degradação, impedindo que os canais atinjam o substrato rochoso e promovam a dissecação;
- As datações por LOE apresentadas neste trabalho permitiram reavaliar dados anteriores e permitem associar diretamente depósitos dos rios Conceição e Barão de Cocais, o que foi apoiado também na ocorrência de couraças conglomeráticas ferruginosas em ambos os vales;
- Os níveis deposicionais mais jovens de alguns cursos d'água, imediatos aos canais, estão provavelmente associados a interferências antrópicas desde o século XVIII no comportamento hidrossedimentológico dos canais e bacias hidrográficas da região.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento do projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- 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**. 90, 29–58, 1998. DOI:10.1016/S0301-9268(98)00032-1.
- ARAUJO, A. G. M.; NEVES, W. A.; PILÓ, L. B.; ATUI, J. P. V. Holocene dryness and human occupation in Brazil during the “Archaic Gap”. **Quaternary Research**. 64, 298–307, 2005. DOI:10.1016/j.yqres.2005.08.002.
- 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**. 30, 1369–1385, 2005. DOI:10.1002/esp. 1193.
- BARBOSA, G. V.; RODRIGUES, D. M. S. **Quadrilátero Ferrífero**. Belo Horizonte, IGC/UFGM. 1967, 130p.
- BARROS, L. F. P.; MAGALHÃES JR., A. P. Quaternary alluvial sedimentation in the Conceição river valley, southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Geology**. 43(3), 535–554, 2013. DOI:10.5327/Z2317–48892013000300009.
- BARROS, L. F. P.; LAVARINI, C.; LIMA, L. S.; MAGALHÃES JR., A. P. Síntese dos cenários paleobioclimáticos do Quaternário Tardio em Minas Gerais/Sudeste do Brasil. **Sociedade & natureza**. 23(3), 371–386, 2011.
- BARROS, L. F. P.; GOMES COE, H. H.; SEIXAS, A. P.; MAGALHÃES JR., A. P.; MACARIO, K. C. D. Paleobiogeoclimatic scenarios of the Late Quaternary inferred from fluvial deposits of the Quadrilátero Ferrífero (Southeastern Brazil). **Journal of South American Earth Sciences**, 67, 71–88, 2016. DOI: 10.1016/j.jsames.2016.02.004.

BEHLING, H.; LICHTHE, M. Evidence of dry and cold climatic conditions at glacial times in tropical southeastern Brazil. **Quaternary Research**. 48, 348–358, 1997. DOI:10.1006/qres.1997.1932.

BRIDGLAND, D.; WESTAWAY, R. Climatically controlled river terrace staircases: a worldwide Quaternary phenomenon. **Geomorphology**. 98, 285–315, 2008.

_____. Quaternary fluvial archives and landscape evolution: a global synthesis. **Proceedings of the Geologists' Association**. 125, 600–629, 2014.

BURBANK, D. W.; ANDERSON, R. S. **Tectonic Geomorphology**. Malden: Blackwell Science, 2001, 274 p.

CARVALHO FILHO, A.; CURI, N.; SHINZATO, E. Relações solo-paisagem no Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 45(8), 903–916, 2010. DOI:10.1590/S0100-204X2010000800017.

CHEREM, L. F. S.; RAMOS, V. D. V.; LOPES, F. W. A.; MACEDO, D. R.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.; SALGADO, A. A. R. Níveis e Sequências Depositionais Fluviais no Médio e Baixo Vale do Ribeirão do Caraça – borda oriental do Quadrilátero Ferrífero/MG. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 2, SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 7, 2008, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 1 CD-ROM.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgar Blucher, 1981. 313 p.

COSTA, A. T.; NALINI JR, H. A.; CASTRO, P. T. A.; TATUMI, S. H. Análise estratigráfica e distribuição do arsênio em depósitos sedimentares quaternários da porção sudeste do Quadrilátero Ferrífero, bacia do Ribeirão do Carmo, MG. **REM: Revista Escola de Minas**. 63(4), 703–714, 2010.

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Mapa geológico do Brasil ao milionésimo**. Rio de Janeiro, 2005. 41 CDs, 1 DVD.

CRUZ JR, F. W. **Estudo paleoclimático e paleoambiental a partir de registros geoquímicos quaternários em espeleotemas das regiões de Iporanga (SP) e Botuverá (SC)**. 134 f. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

DOĞAN, U. Climate-controlled river terrace formation in the Kızılırmak Valley, Cappadocia section, Turkey: Inferred from Ar–Ar dating of Quaternary basalts and terraces stratigraphy. **Geomorphology**. 126, 66–81, 2011. DOI:10.1016/j.geomorph.2010.10.028.

DORR, J. V. N. **Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil**. United States Geological Survey. 1969, 110 pp. (Professional Paper 641A).

EASTERBROOK, D. J. **Surface Processes and Landforms**. 2ª Edição. Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall. 1999, 546 p.

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, Belém, 2009. **Anais...** Belém, p. 37.

GUARÇONI, E. A. E.; PAULA, C. C.; COSTA, A. F. Bromeliaceae do Parque Estadual da Serra do Rola-Moça, Minas Gerais. **Rodriguésia**. 61(3), 467–490, 2010.

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**. 20, 273–285, 2006.

HENRIQUES, G. O sítio arqueológico Minas de Socorro e as técnicas de mineração do ouro nas Minas Gerais dos séculos XVIII e XIX. **Canindé (MAX/UFS)**. 11, 25–53, 2008.

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**. 15, 143–157, 2004.

KING, L. A geomorfologia do Brasil oriental. **Revista Brasileira de Geografia**. 18(2), 147–265, 1956.

KOCK, S.; KRAMERS, J. D.; PREUSSER, F.; WETZEL, A. Dating of Late Pleistocene terrace deposits of the River Rhine using Uranium series and luminescence methods: Potential and limitations. **Quaternary Geochronology**. 4, 363–373, 2009.

LAMOUNIER, W. L.; CARVALHO, V. L. M.; SALGADO, A. A. R.; MARENT, B. R. A influência da litologia na distribuição da cobertura vegetal e no uso do solo na Serra do Gandarela, Quadrilátero Ferrífero-MG. **Geografias**. 06(1), 152–165, 2010.

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**. 11, 21–30, 2010.

LEDRU, M.-P. Modification de la végétation du Brésil central entre la dernière époque glaciaire et l'interglaciaire actuel. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences**. 314(2), 117–123, 1992.

LEDRU, M.-P.; SOARES BRAGA, P. I.; SOUBIÈ, S. F.; FOURNIER, M.; MARTIN, L.; SUGUIO, K.; TURCQ, B. The last 50,000 years in the Neotropics (Southern Brazil): evolution of vegetation and climate. **Palaeogeography Palaeoclimatology, Palaeoecology**. 123, 239–257, 1996. DOI:10.1016/0031-0182(96)00105-8.

LEDRU, M.-P.; BERTAUX, J.; SIFEDDINE, A.; SUGUIO, K. Absence of last glacial maximum records in lowland tropical forest. **Quaternary Research**. 49, 233–237, 1998. DOI:10.1006/qres.1997.1953.

LEDRU, M.-P.; ROUSSEAU, D.-D.; CRUZ JÚNIOR, F. W.; RICCOMINI, C.; KARMANN, I.; MARTIN, L. Paleoclimate changes during the last 100,000 yr from a record in the Brazilian Atlantic rainforest region and interhemispheric comparison. **Quaternary Research**. (64), 444–450, 2005.

LEDRU, M.-P.; MOURGUIART, P.; RICCOMINI, C. Related changes in biodiversity, insolation and climate in the Atlantic rainforest since the last interglacial. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**. 271, 140–152, 2009.

LIPSKI, M. **Tectonismo cenozóico no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. 171 f. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) – Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2002.

MACHADO, N.; SCHRANK, A.; NOCE, C. M.; GAUTHIER, G. Ages of detrital zircon from archaean-proterozoic sequences: implications for greenstone belt setting and evolution of a transamazonian foreland basin in Quadrilátero Ferrífero, southeast Brazil. **Earth and Planetary Science Letters**. 141, 259–276, 1996.

MAGALHÃES JR., 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**. 2(1), 42–54, 1994.

MAGALHÃES JR., 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**. 132, 187–194, 2011.

MAGALHÃES JR., A. P.; BARROS, L. F. P.; RAPOSO, A. A.; CHEREM, L. F. S. Dinâmica fluvial quaternária do Rio Maracujá, Quadrilátero Ferrífero (MG). **Revista Brasileira de Geomorfologia**. 13, 3–14, 2012.

MARQUES, M. R. **Morfodinâmica fluvial cenozóica no vale do Rio Paraopeba entre o Fecho do Funil e Juatuba, Minas Gerais**. 83 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997.

MARTINS, M. L. Mineração, agricultura e degradação ambiental em Minas Gerais nos séculos XVIII e XIX. LPH: **Revista de História**. 4, 106–118, 1994.

MAXWELL, C. H. **Geology and ore deposits of the Alegria district, Minas Gerais, Brazil**. Washington/US, Geol. Survey Prof. Paper. 72p. 341J, 1972.

MEDINA, A. I.; DANTAS, M. E.; SAADI, A. Geomorfologia. In: **PROJETO APA SUL RMBH - Estudos do Meio Físico**. Belo Horizonte: CPRM/SEMAD/CEMIG, v.6., 2005.

MEUNIER, J. D.; VARAJÃO, A. F. D. C.; VARAJÃO, C. A. C.; COLIN, F.; GRAUBY, O. Peatland ferruginization during late Quaternary in the Uberaba Plateau (South-Eastern Brazil). **Journal of South American Earth Sciences**. 43, 25–32, 2013. DOI:10.1016/j.jsames.2012.12.004.

MONTEIRO, H. S.; VASCONCELOS, P. M.; FARLEY, K. A.; SPIER, C. A.; MELLO, C. L. (U–Th)/He geochronology of goethite and the origin and evolution of cangas. **Geochimica et Cosmochimica Acta**. 131, 267–289, 2014. DOI:10.1016/j.gca.2014.01.036.

MOREIRA, P. F. **Depósitos cenozóicos e evolução morfodinâmica na bacia do Ribeirão Serra Azul (médio Rio Paraopeba), Minas Gerais**. 104 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997.

MURRAY, A. S.; OLLEY, J. M. Precision and accuracy in the optically stimulated luminescence dating of sedimentary quartz: a status review. **Geochronometria**. 21, 1–16, 2002.

OLIVEIRA, P. E. **A palynological Record of late Quaternary vegetational and climatic change in southeastern Brazil**. PhD Thesis. Columbus, The Ohio State University – USA, 1992, 238p.

PARIZZI, M. G.; SALGADO-LABOURIAU, M. L.; KHOLER, H. C. Genesis and environmental history of Lagoa Santa, southeastern Brazil. **The Holocene**. 8, 311–321, 1998. DOI: 10.1191/095968398670195708.

PAZZAGLIA, F. J. Fluvial Terraces. In: WOHL, E. (Ed.). **Treatise on Fluvial Geomorphology**. New York: Elsevier. 2013, p. 379–412.

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: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 2, SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 7, Belo Horizonte, 2008. **Anais...** v. 1, p. 110–120.

ROSINA, P.; VOINCHET, P.; BAHAIN, J.-J.; CRISTOVÃO, J.; FALGUÈRES, C. Dating the onset of Lower Tagus River terrace formation using electron spin resonance. **Journal of Quaternary Science**. 29(2), 153–162, 2014. DOI: 10.1002/jqs.2689.

ROSSETTI, D. F.; COHEN, M. C. L.; BERTANI, T. C.; HAYAKAWA, E. H.; PAZ, J. D. S.; CASTRO, D. F.; FRIAES, Y. Late Quaternary fluvial terrace evolution in the main southern Amazonian tributary. **Catena**. 116, 19–37, 2014. DOI: 10.1016/j.catena.2013.11.021.

ROSSI, P. G. G. **Investigação da Influência da Estrutura Geológica na Evolução e Configuração da Geomorfologia da Borda Leste do Quadrilátero Ferrífero-MG**. Monografia (Graduação em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008, 69 p.

SAADI, A. **Ensaio sobre a morfotectônica de Minas Gerais: tensões intra-placa, descontinuidades crustais e morfogênese**. Tese (Concurso de Professor Titular do IGC/UFMG). Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1991.

SAADI, A.; SGARBI, G. N. C.; ROSIÉRE, C. A. A Bacia de Gongo Soco, nova bacia terciária no Quadrilátero Ferrífero: controle cárstico e/ou tectônico. In: SBG, CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, São Paulo, **Anais...** Resumos Expandidos, 1:600–601, 1992.

SAADI, A.; BEZERRA, F. H. R.; COSTA, R. D.; IGREJA, H. L. S.; FRANZINELLI, E. Neotectônica da Plataforma Brasileira. In: Souza C.R.G., Suguio K., Oliveira M.A.S., Oliveira P.E. (eds.) **Quaternário do Brasil**. Holos: Ribeirão Preto. 2005, p. 211–234.

SALGADO, A. A. R. **Estudo da Evolução do Quadrilátero Ferrífero, MG-Brasil, através da quantificação de processos erosivos desnudacionais**. Tese. (Doutorado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) – Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2006.

SALGADO, A. A. R.; BRAUCHER, R.; VARAJÃO, C. A. C.; COLIN, F.; VARAJÃO, A. F. D.; NALINI JUNIOR, H. A. Relief evolution of the Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais, Brazil) by means of (^{10}Be) cosmogenic nuclei. **Zeitschrift für Geomorphologie**. 52, 317–323, 2008.

SANT'ANNA, L. G.; SCHORSCHER, H. D.; RICCOMINI, C. Cenozoic Tectonics of the Fonseca Basin Region, Eastern Quadrilátero Ferrífero, MG, Brazil. **Journal of South American Earth Science**. 10(3–4), 275–284, 1997.

SEA - SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA. **Atlas de zoneamento agroclimático do Estado de Minas Gerais**. 1980. Disponível em: <<http://www.ide.ufv.br/geominas/>>. Acesso em: 23 jul. 2015.

SGARBI, G. N. C.; FANTINEL, L. M.; MASOTTI, F. S. Geologia dos sedimentos lacustres da Bacia Terciária do Gandarela. In: Simpósio de Geologia do Núcleo Minas Gerais, 6, 1992, Ouro Preto. **Revista da Escola de Minas**. 45, 118–122, 1992.

SILVA, L. C. L. **Feições de mineração aurífera colonial na depressão do Complexo Santa Bárbara – Catas Altas – MG**. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

SILVA, T. P.; MELLO, C. L. Reativações Neotectônicas na Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul (Sudeste do Brasil). **Geologia USP, Série Científica**. 11, 95–111, 2011.

SOUZA, C. J. O. **Interpretação morfotectônica da bacia do Rio Doce**. 1995. 146 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1995.

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. **Ambiente fluvial: ambientes de sedimentação e sua interpretação e importância**. Curitiba: UFPR, 1979. 183 p.

SUMMERFIELD, M. A. **Global Geomorphology**. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 1991. 537 p.

THOMAS, M. F. Understanding the impacts of Late Quaternary change in tropical and sub-tropical regions. **Geomorphology**. 101, 146–158, 2008.

UHLEIN, A.; NOCE, C. A. Quadrilátero Ferrífero. In: CARNEIRO, C. D. R. R., HASUI, Y., BARTORELLI, A. (Org.). **Geologia do Brasil**. 1ª ed. São Paulo: Beca, v. 1, 2012, p. 228–235.

VALADÃO R. C.; SILVEIRA, J. S. Estratigrafia Quaternária e evolução do Relevo no Complexo do Bação, Dados Preliminares. **Revista Escola de Minas**. 45, 85–87, 1992.

VARAJÃO, C. A. A questão da ocorrência das superfícies de erosão do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**. 21, 131–145, 1991.

VIVEEN, W.; SCHOORL, J. M.; VELDKAMP, A.; VAN BALEN, R. T.; DESPRAT, S.; VIDAL-ROMANI, J. R. Reconstructing the interacting effects of base level, climate, and tectonic uplift in the lower Miño River terrace record: A gradient modelling evaluation. **Geomorphology**. 186, 96–118, 2013. DOI: 10.1016/j.geomorph.2012.12.026.

WANG, P.; JIANG, H.; YUAN, D.; LIU, X.; ZHANG, B. Optically stimulated luminescence dating of sediments from the Yellow River terraces in Lanzhou: Tectonic and climatic implications. **Quaternary Geochronology**. 5, 181–186, 2010. DOI:10.1016/j.quageo.2009.05.009.

Data de submissão: 05.03.2017

Data de aceite: 07.08.2018

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.