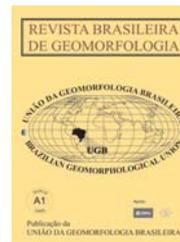




www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 13, nº 3 (2012)



EVENTOS SEDIMENTARES E EVOLUÇÃO MORFODINÂMICA DO VALE DO RIO CONCEIÇÃO – QUADRILÁTERO FERRÍFERO/MG

SEDIMENTARY EVENTS AND MORPHODYNAMIC EVOLUTION OF THE CONCEIÇÃO RIVER VALLEY – QUADRILÁTERO FERRÍFERO/MG

Luiz Fernando de Paula Barros

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

Antônio Pereira Magalhães Júnior

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

Informações sobre o Artigo

Data de Recebimento:
15/02/2012

Data de Aprovação:
23/07/2012

Palavras-chave:

Níveis deposicionais aluviais, evolução do relevo, neotectônica, clima, impactos antrópicos.

Keywords:

Fluvial depositional levels, evolution of relief, neotectonics, climate, human impacts.

Resumo

O presente trabalho discute a evolução morfodinâmica do vale do Rio Conceição, afluente do Rio Doce, localizado na porção nordeste do Quadrilátero Ferrífero. Procurou-se destacar os condicionantes estruturais, tectônicos, climáticos e antrópicos da sedimentação na área. Foram identificados oito níveis deposicionais aluviais, sendo a maioria desses descaracterizada morfologicamente. Foram tomados como indícios de condicionamento tectônico na evolução fluvial: o escalonamento dos níveis aluviais, desvios fluviais, armadilhas de sedimentos e basculamentos. A formação cíclica de níveis aluviais com fácies de cascalho cimentadas por óxidos-hidróxidos de ferro pode estar relacionada com flutuações climáticas. Bastante arenosos, os depósitos atuais contrastam com os depósitos argilo-siltosos dos níveis mais antigos, o que pode estar relacionado com danos da histórica ocupação antrópica na área.

Abstract

The aim of this paper is to discuss the morphodynamic evolution of the Conceição River valley, a tributary of the Doce River. The area is located in the northeastern Quadrilátero Ferrífero. It was sought to highlight the influences of litho-structures, tectonics, climate, and anthropogenic activities on the pattern of alluvial sedimentation in the area. Eight alluvial depositional levels were identified, most of which were morphologically uncharacterized. River diversions, sediment traps, tilting, and terrace staircases indicate tectonic conditioning on fluvial dynamics. The formation of cyclic alluvial levels with gravel-bed facies cemented by iron oxides-hydroxides could be related to climatic fluctuations. The youngest deposits are sandy in nature, contrasting with the clayey-silty characteristics of older deposits. It could be linked to historical human occupation in the area.

Introdução

No Brasil, a maioria dos estudos do Quaternário é restrita à costa atlântica e baseia-se, principalmente, na morfologia costeira e nas alterações do nível do mar, enquanto a investigação sobre as zonas continentais é pouco explorada (STEVAUX, 2000). Em parte, isso decorre de uma maior continuidade dos registros sedimentares marinhos e costeiros, quando comparados à coluna geológica continental. A natureza da deposição quaternária continental é fragmentária e descontínua, irregularmente distribuída sob múltiplas formas de relevo e com estreita relação genética com as feições morfológicas da paisagem (MOURA, 1994).

Os principais estudos de geomorfologia fluvial de sistemas interioranos no Brasil se dedicam aos rios de grandes dimensões, tais como o Araguaia, o Paraná, o Amazonas e seus afluentes (AQUINO *et al.*, 2005; LATRUBESSE, 2003; LATRUBESSE *et al.*, 2010; STEVAUX *et al.*, 2006). Dessa forma, são menos comuns os estudos de cursos d'água em áreas montanhosas, marcados por uma dinâmica fluvial descontínua, afetada por repetidas variações nas características geológicas e geomorfológicas (CASTRO *et al.*, 2005).

Segundo Thomas (2008), um desafio inerente aos grandes sistemas fluviais é o da escala, além da complexidade interna. Isso fornece um argumento forte para a análise de sistemas sedimentares menores, que refletem condições locais. O quadro regional, entretanto, só pode ser construído examinando várias bacias vizinhas, a fim de estabelecer-se uma história sedimentar consistente, que seja mais do que um reflexo de eventos fluviais locais.

Vários estudos acerca da sedimentação quaternária vêm sendo realizados na área do Quadrilátero Ferrífero (BACELLAR *et al.*, 2005; CHEREM *et al.*, 2008; MAGALHÃES JÚNIOR e SAADI, 1994; MAGALHÃES JÚNIOR *et al.*, 2011a, b; MARQUES, 1997; MOREIRA, 1997; RAPOSO *et al.*, 2008; VALADÃO e SILVEIRA, 1992). Importante domínio geológico-geomorfológico de relevo montanhoso, o Quadrilátero Ferrífero está localizado na região central do Estado de Minas Gerais, e se constitui como divisor hidrográfico das bacias dos rios Doce, das Velhas e Paraopeba. No entanto, praticamente todos os referidos estudos estão concentrados nestas duas últimas bacias.

O objetivo central deste trabalho é discutir a evolução morfodinâmica do vale do Rio Conceição (afluente do Rio Doce cuja bacia drena a porção nordeste do Quadrilátero Ferrífero), destacando os prováveis condicionantes estruturais, tectônicos, climáticos e antrópicos. Pretende-se contribuir para a compreensão da dinâmica fluvial regional do Quadrilátero Ferrífero e, logo, da sedimentação continental brasileira.

A área investigada

Neste trabalho, o Rio Conceição foi considerado até a sua confluência com o Rio Una, a jusante da cidade de São Gonçalo do Rio Abaixo. Esta confluência formaria o Rio Santa Bárbara, que é tributário do Rio Piracicaba, por sua vez, afluente da margem esquerda do Rio Doce.

O Rio Conceição tem cerca de 90 km de extensão e possui uma bacia de drenagem de sexta ordem, com aproximadamente 790 km² de área. O seu vale é esculpido em rochas do Supergrupo Rio das Velhas (Grupo Nova Lima – dominância de xistos e filitos) em quase sua totalidade (Figura 1). No entanto, há importantes áreas de cabeceiras em rochas do Supergrupo Minas (grupos Caraça e Itabira – dominância de quartzitos e itabiritos) e o baixo curso flui sobre o Embasamento Cristalino (granitos e gnaisses).

O Supergrupo Espinhaço aflora em uma pequena porção no norte da bacia e é representado pela Formação Cambotas (quartzito e quartzito sericítico mesoproterozóicos). Destaca-se também o enxame de diques de diabásio que preenchem diversas falhas na alta bacia do Ribeirão Caraça (ALKMIM e MARSHAK, 1998). Além das rochas pré-cambrianas, sedimentos do Cenozóico são comuns, sendo em sua maioria depósitos aluviais e cangas.

O vale do Rio Conceição se localiza no chamando Anticlinal de Conceição. Esta é uma estrutura antiformal erodida, situada entre o Sinclinal Gandarela e a Serra do Caraça. Segundo Alkmim e Marshak (1998) a área é afetada por dois sistemas de falhas principais, Fundão-Cambotas e Água Quente, os quais provavelmente se conectam em subsuperfície.

Medina *et al.* (2005) descrevem quatro unidades de relevo na área: (i) Depressão Suspensa do Sinclinal Gandarela; (ii) Maciço do Caraça; (iii) Vale Anticlinal do Rio Conceição e (iv) Depressão Marginal do Rio Piracicaba. Ainda segundo estes autores, durante o Cretáceo e o Cenozóico, eventos de aplanamento generalizado do relevo teriam sido interrompidos por períodos de intensa dissecação, conforme observado nos Vales Anticlinais dos rios das Velhas e Conceição e na Depressão Suspensa do Gandarela.

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima na bacia é do tipo Cwb (tropical de altitude, com chuvas de verão e verões frescos) nas porções mais elevadas e do tipo Cwa (tropical de altitude, com chuvas de verão e verões quentes) nas porções mais rebaixadas. Os meses de outubro a março são os mais úmidos e o período entre maio e setembro é relativamente seco. A temperatura média anual é de 21,7 °C. Os remanescentes de vegetação nativa compõem-se de campos rupestres e de altitude, mata de candeia, mata estacional semidecidual e áreas de transição para o cerrado (campo sujo).

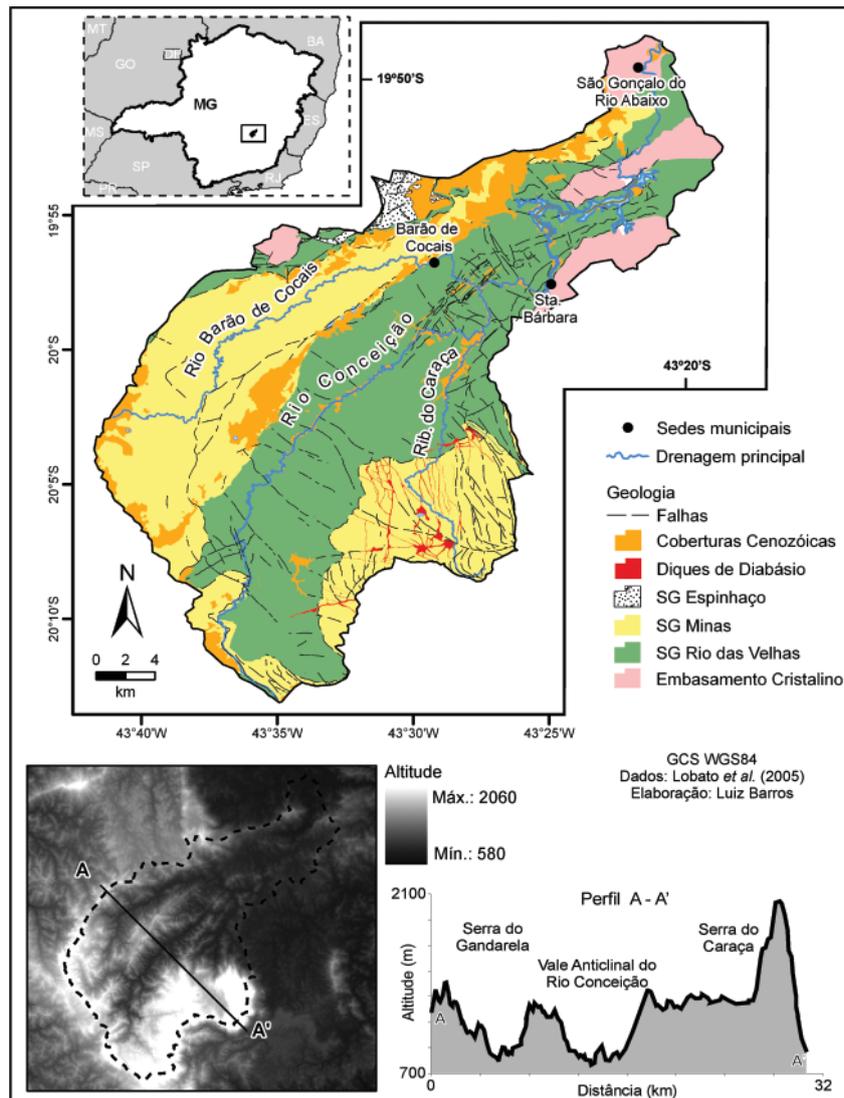


Figura 1 - Localização e geologia da bacia do Rio Conceição.

Procedimentos metodológicos

Os trabalhos foram iniciados em gabinete, quando foram pré-selecionadas áreas favoráveis à investigação em campo, a partir da análise de imagens de satélite no *software* Google Earth® e de cartas topográficas do IBGE (Folhas Acuruí, Catas Altas e Caeté, na escala de 1:50.000, e folha Itabira, na escala de 1:100.000). Buscou-se observar rupturas na morfologia das vertentes e quaisquer cortes que proporcionassem exposições de perfis da subsuperfície.

Em seguida, foram realizadas campanhas de campo, quando foram levantados dados de perfis aluviais a partir de seções verticais e da observação do contexto espacial dos depósitos. Na descrição dos depósitos foi destacado: a tipologia do nível encontrado (escalonado, embutido, encaixado); sua posição em relação ao curso fluvial atual (desnível

e distância em relação ao rio atual); altitude; composição granulométrica, espessura e organização das fácies, incluindo o tipo de contato entre as mesmas (abrupto ou gradual). Nas fácies de cascalho foi determinado o predomínio ou não de matriz, além do tamanho médio, litologia e grau de arredondamento dos clastos. Observou-se ainda a presença de estruturas sedimentares, cimentação ferruginosa, matéria orgânica e bioturbação.

Uma vez organizados os dados, os níveis deposicionais foram identificados por meio da relação entre dados de altitude e desnível para o rio atual, relações laterais, verticais e dados sedimentológicos. Após a identificação dos níveis, estes foram representados em sua organização longitudinal e transversal ao vale, além de caracterizados em perfis-síntese. Estes são como um sumário de todas as seções relativas a certo nível deposicional. Eles não representam uma seção-tipo,

reprodução fiel do perfil sedimentar mais significativo, de modo que não podem ser situados exatamente, pois refletem a superposição de dados.

Dentre o conjunto de perfis aluviais de cada nível deposicional levantado em campo, um perfil mais representativo foi escolhido, visando à coleta de amostras para análise granulométrica em laboratório. Muitos dos depósitos aluviais descritos apresentam apenas fácies de cascalho, estando os grãos, muitas vezes, cimentados por óxidos-hidróxidos de ferro, o que, em alguns casos, impediu a amostragem.

Os sedimentos das fácies de finos passaram por uma análise granulométrica padrão, no Laboratório de Geomorfologia do IGC-UFMG, a fim de determinar-se o percentual de argila, silte e areia em cada perfil. As fácies de cascalho, por sua vez, foram objeto da coleta aleatória de 100 clastos, para aferição de seu tamanho (largura e comprimento), definição de sua litologia e grau de arredondamento, seguindo o método de *pebble count*, proposto por Wolman¹ (1954) *apud* Jacobson *et al.* (2003).

Resultados

Foram identificados oito níveis deposicionais aluviais no vale do Rio Conceição (Tabela 1; Figura 2): o mais recente (N1) corresponde ao regime atual do rio; o segundo (N2) corresponde topograficamente à planície de inundação, porém suas características faciológicas evidenciam um abandono progressivo do nível deposicional; o terceiro (N3) é o único que ainda pode ser caracterizado como terraço fluvial, em vários segmentos do vale, devido à sua expressão morfológica; e os demais (N4 a N8) são encontrados ao longo das vertentes, tendo sido descaracterizados morfológicamente.

Tabela 1 - Síntese das principais características dos níveis deposicionais.

Nível	Classificação	Distribuição no vale	Altitudes	Desnível da base para o rio atual
N1	Integralmente embutido	Pareado	787-574 m	0 m
N2	Integralmente embutido	Pareado	882-770 m	0 m
N3	Encaixado	Pareado	794-640 m	0 m
N4	Escalonado	Pareado	724-582 m	7 m
N5	Escalonado	Pareado	817-730 m	17 m
N6	Escalonado	Isolado	758-766 m	38 m
N7	Escalonado	Isolado	779 m	50 m
N8	Escalonado	Isolado	788-777 m	56 m

¹ WOLMAN, M.G. A method of sampling coarse river-bed material. *Transactions American Geophysical Union*, v. 35, p. 951-956, 1954.

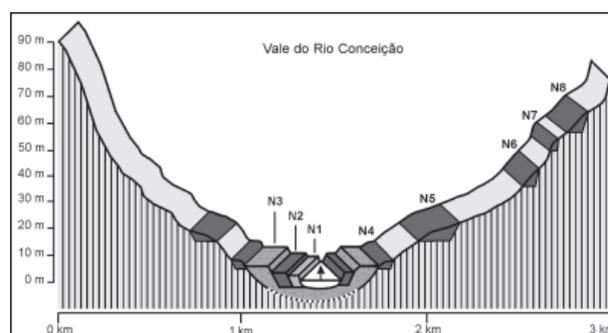


Figura 2 - Perfil transversal idealizado do vale do Rio Conceição.

Os três níveis deposicionais mais antigos foram classificados como isolados, uma vez que seus depósitos foram encontrados em apenas uma das margens (direita). No entanto, não pode ser desconsiderada a hipótese de que originalmente fossem níveis pareados. Porém, seus depósitos podem ter sido erodidos, estarem inumados ou, simplesmente, não foram encontrados, devido às restrições de acesso em vários trechos. Além do desmonte natural dos depósitos, em razão da pedogênese e dos processos erosivos, é preciso considerar também o desmonte antrópico, em razão da histórica atividade de garimpo na região.

Além dos oito níveis deposicionais fluviais, também foram encontrados remanescentes de um depósito muito diferente dos típicos depósitos quaternários observados em vales do Quadrilátero Ferrífero. Esse depósito foi descrito próximo à confluência do Rio Conceição com o Rio Barão de Cocais (7791980 N; 0661845 E), a 777 m de altitude e a, aproximadamente, 60 m acima do rio atual. O afloramento observado compõe-se de 15 m de sedimento argiloso, com cores variadas e sem estruturas evidentes. Em algumas porções podem ser encontrados clastos angulosos a arredondados de quartzo (maiores), itabirito e hematita (de grânulos a até 3 cm), filito (raros) e conglomerados ferruginosos com pequenos grãos de hematita arredondados. O contato do depósito com a rocha não é visível.

A seguir, faz-se a descrição dos registros deposicionais dos níveis fluviais N8 (mais antigo) a N1 (atual). Essa descrição apresenta os perfis-síntese dos níveis deposicionais, representados na Figura 3. Nas figuras 4 e 5, respectivamente, são apresentadas a distribuição longitudinal no vale dos perfis aluviais descritos e imagens representativas dos níveis deposicionais. Os resultados das análises granulométricas (para materiais < 2 mm) e morfométricas (para o cascalho) foram organizados na Tabela 2.

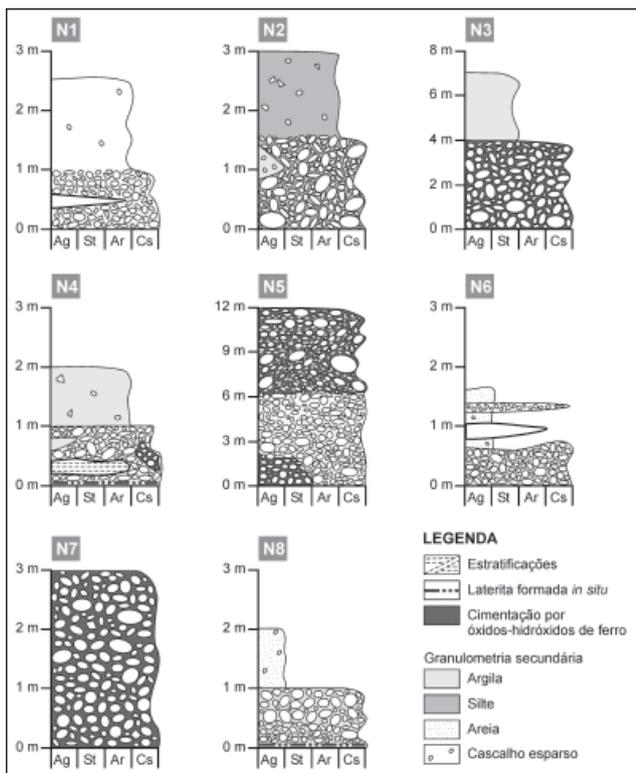


Figura 3 - Perfis-síntese dos depósitos dos níveis aluviais do vale do Rio Conceição (Ag: argila; St: silte; Ar: areia; Cs: cascalho).

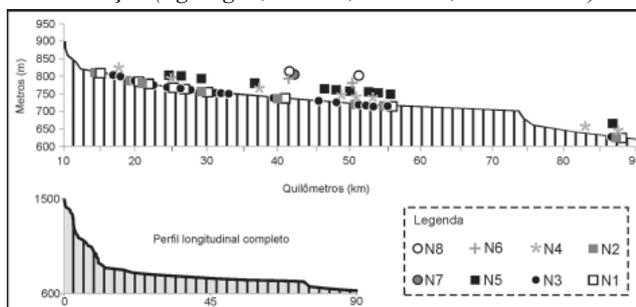


Figura 4 - Distribuição longitudinal dos perfis aluviais analisados em campo.

Nível Depositional Fluvial 8 (N8): apenas dois depósitos deste nível foram encontrados. Da base para o topo, duas fácies com contato abrupto são observadas: (i) cascalho angular a bem arredondado que varia de grânulo a matacão (tamanho médio entre 5 e 8 cm), sendo os maiores de quartzo e os menores de itabirito e hematita; leve granocrescência ascendente; presença de matriz areno-argilosa a argilo-arenosa; espessura de aproximadamente 1 m; (ii) material argilo-arenoso maciço e com grânulos esparsos; espessura de 1 m. Os depósitos estão assentados sobre rocha. Em um dos depósitos descritos, mais a montante, a base apresenta laterita formada *in situ* e os cascalhos de quartzo são altamente friáveis, desfazendo-se ao serem manuseados.

Nível Depositional Fluvial 7 (N7): este nível pôde ser identificado sem movimentação em apenas um segmento ao longo do vale (próximo à confluência com o Ribeirão do Caraça). Apenas uma fácies foi preservada, sendo ela de cascalho suportado por matriz arenosa e cimentada por óxidos-hidróxidos de ferro. Este cascalho é heterométrico, de quartzo (grãos maiores), itabirito e hematita (grãos menores e mais arredondados). Os remanescentes deste nível são encontrados como blocos esparsos que podem atingir os 3m de espessura, aproximadamente.

Nível Depositional Fluvial 6 (N6): apenas dois perfis deste nível foram descritos, os quais se caracterizam, em uma sequência com contato abrupto, pelas seguintes fácies: (i) cascalho de quartzo (maior), itabirito/hematita (menor) e filito (mais angular) com comprimento entre 1 e 15 cm, sendo sub-angular a arredondado; presença de matriz areno-argilosa a argilosa; espessura de 0,6 m; (ii) material argiloso a argilo-arenoso com grânulos e pequenos clastos (predominantemente de itabirito e hematita) esparsos ou em lentes; presença de lentes arenosas; espessura de 1 m.

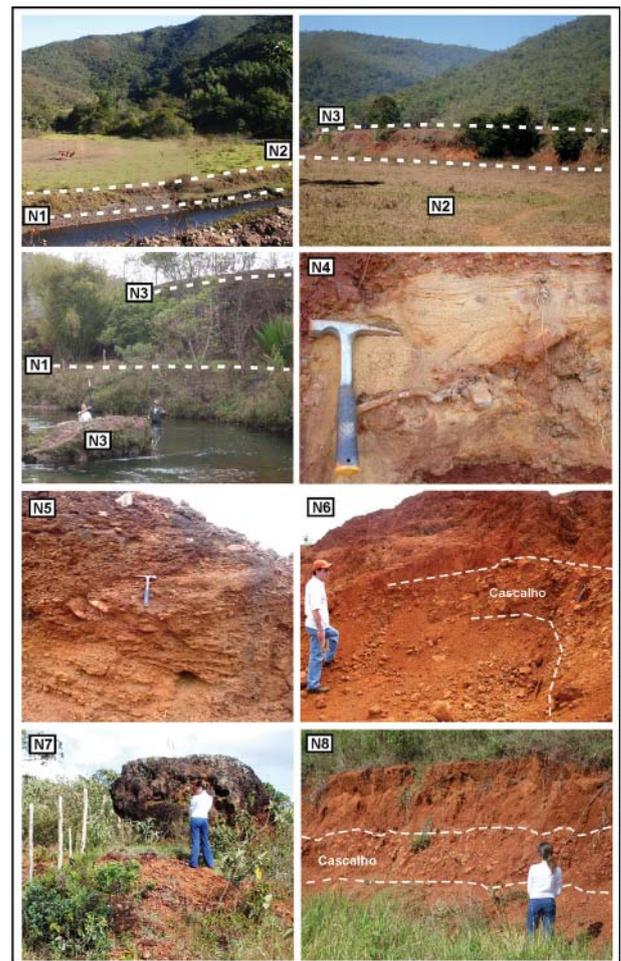


Figura 5 - Fotos representativas dos níveis deposicionais aluviais identificados.

Tabela 2 - Síntese das características da seção-tipo de cada nível deposicional*.

Fácies	Características		Níveis deposicionais							
			N1	N2	N3	N4	N5	N6	N8	
Finos	Granulometria (%)	Argila	5	7	30	27	-	27	55	
		Silte	37	59	39	26	-	36	15	
		Areia	58	34	31	47	-	37	30	
	Comprimento (cm)	Maior	10	42	-	10	18	9	20	
		Menor	1,5	2	-	1,5	0,5	2,5	1,5	
		Médio	3,9	7,2	-	4,8	5,6	4,8	5,6	
Cascalho	Arredondamento** (%)	BAR	4	3	-	13	22	3	5	
		AR	26	14	-	37	35	23	21	
		SAR	33	32	-	14	36	42	37	
		SAG	30	35	-	29	7	22	30	
		AG	7	5	-	7	-	10	7	
		Litologia (%)	Itabirito	59	41	-	62	31	34	18
			Hematita	26	22	-	27	38	32	2
Quartzo	6		1	-	3	16	22	80		
Quartzito	3		4	-	-	4	-	-		
Quartzito	5		-	-	-	9	1	-		
Ferruginoso Filito	-		20	-	5	-	7	-		
Xisto	-		-	-	1	2	3	-		
Laterita	-	3	-	-	-	-	-			
Não Identificado	1	9	-	2	-	1	-			

* O cascalho dos níveis N3 e N7 não pôde ser analisado, pois é cimentado por óxidos-hidróxidos de ferro. ** BAR: bem arredondado; AR: arredondado; SAR: subarredondado; SAG: subanguloso; AG: anguloso.

Nível Depositional Fluvial 5 (N5): os remanescentes deste nível são encontrados como blocos de conglomerado com cimento ferruginoso, em vários segmentos do vale. Os depósitos desse nível são caracterizados por cascalho quase sempre bem arredondado, de itabirito e hematita (entre 0,3 e 10 cm), quartzo (até ~ 20 cm) e quartzito (até ~ 25 cm), podendo apresentar grandes blocos de conglomerados com cimentação ferruginosa ou comportar-se inteiramente como um bloco; presença de matriz arenosa; espessura de até 12 m. Em um dos perfis deste nível foram observadas estratificações cruzadas e formas de paleocanais.

Nível Depositional Fluvial 4 (N4): as seguintes fácies podem ser descritas da base para o topo, em uma sequência com contato abrupto: (i) cascalho de itabirito (predominante mais a montante; grãos variando de grânulos a 6 cm de comprimento), quartzo (predominante mais a jusante; até 20 cm de comprimento) e filito (menos comum), anguloso a bem arredondado; presença de fragmentos de conglomerados ferruginosos e de matriz arenosa (areia fina a média) de quartzo e itabirito ou areno-argilosa; ocasionalmente são encontradas lentes de areia (com estrutura deposicional preservada) e argila; em um perfil foi verificada a formação de laterita *in situ* e a cimentação por óxidos-hidróxidos de ferro de parte do cascalho; espessura média de 1 m; (ii) material areno-argiloso a argiloso maciço, com grânulos esparsos de itabirito, sendo sub-angulosos a bem arredondados; espessura de até 1 m.

Nível Depositional Fluvial 3 (N3): sua presença é bastante comum, porém, na maioria das vezes, apenas a fácies basal é observada. Nesse nível, as fácies possuem contato abrupto e são descritas, da base para o topo, por: (i) cascalho heterométrico, suportado por matriz de areia grossa (de quartzo e itabirito) e cimentado por óxidos-hidróxidos de ferro, em geral bem arredondado, sendo os maiores de quartzo e os menores de itabirito e hematita; a espessura destas fácies pode ser maior que 4 m acima da lâmina d'água; em alguns perfis, uma granodecrescência ascendente pode ser observada; (ii) material maciço, bastante coeso, predominantemente siltoso, mas com presença marcante de argila e areia; apresenta coloração vermelha intensa; espessura de aproximadamente 3 m. O contato dos depósitos desse nível com a rocha não foi visualizado em nenhum local, grandes blocos da fácies basal desse nível podem ser encontrados nas margens e no fundo do leito do rio atual, o que sustenta a afirmação de que os depósitos referentes aos níveis N1 e N2 estão integralmente embutidos no N3.

Nível Depositional Fluvial 2 (N2): 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. Os depósitos do N2, no entanto, ocupam a maior parte do fundo do vale. Eles podem estar imediatamente na margem do rio ou terem sido substituídos pelo N1. As fácies dos depósitos do N2 possuem contato

abrupto e são descritas da base para o topo, por: (i) cascalho sub-anguloso a arredondado, heterométrico (grânulos a matacão), de quartzo, itabirito/hematita (os maiores) e filito (mais anguloso), suportado por matriz areno-siltosa; algumas lentes de material mais argiloso e com grânulos esparsos podem ser encontradas; espessura média de 1,5 m; (ii) material silto-arenoso a areno-siltoso com pequenos grãos esparsos, sendo estes angulosos a arredondados, principalmente de itabirito e hematita; não são observadas estruturas deposicionais; espessura aproximada de 1,5 m. 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 abandonados, pois são muito maiores que os passíveis de serem transportados atualmente.

Nível Depositional Fluvial 1 (N1): os depósitos desse nível estão relacionados ao regime atual de cheias ordinárias, sendo espacialmente bem restritos lateralmente. Da base para o topo, duas fácies com transição gradacional são observadas: (i) cascalho sub-anguloso a arredondado de itabirito, quartzo e quartzito, variando de grânulos a até 10 cm de comprimento; matriz arenosa e ocorrência de lentes de areia fina e escura; espessura em torno de 1 m; (ii) areia média de quartzo e itabirito com grânulos de hematita esparsos; não apresenta estruturas evidentes; espessura de até 1,5 m.

Discussão dos resultados

Ao analisar-se a descrição do cascalho dos níveis deposicionais identificados (Tabela 2), chama atenção a predominância, à exceção do N8, de grãos de itabirito e hematita, os quais podem somar mais que 80% do total amostrado. Provavelmente parte deste material provém de um tipo particular de formação ferrífera bandada pobre em sílica (< 5%) que ocorre no Quadrilátero Ferrífero, conhecida como hematita compacta (*hard hematite*; DORR, 1965).

Esses resultados estão de acordo com os parâmetros morfométricos por grupo litológico discutidos por Barros *et al.* (2010), pois se percebe que, dentre as bacias analisadas, a bacia sobre o Grupo Itabira apresenta sempre valores extremados para os parâmetros avaliados: Densidade de Drenagem, Índice de Sinuosidade, Índice de Gradiente, Índice de Rugosidade e Declividade Média. Dessa forma, comparativamente, essa bacia apresenta um maior potencial erosivo, maior capacidade e competência em seus canais, produzindo e mobilizando grande quantidade de cascalho de itabirito e hematita.

A elevada erodibilidade dos itabiritos parece estar ligada à evolução do relevo a partir da erosão diferencial na área bem como à dissecação da Depressão Suspensa do Sinclinal Gandarela. Com a mensuração da produção do isótopo cosmogênico ^{10}Be na bacia do alto Rio das Velhas, Salgado *et al.* (2007) mostram que as terras altas da bacia – sustentadas por

quartzitos, itabiritos e cangas cenozóicas – são extremamente resistentes ao rebaixamento vertical do relevo, apresentando taxas de erosão entre 1,71 e 2,58 m Ma⁻¹. No entanto, estas litologias apresentam certa fragilidade ao processo de retração lateral das escarpas, apresentando taxas de erosão entre 12,71 e 14,60 m Ma⁻¹. Esta fragilidade estaria associada à erosão dos litotipos mais frágeis – xistos-filitos e granitos-gnaisses – que, geralmente, constituem a base das escarpas (SALGADO *et al.*, 2007).

Esse processo teria destaque nas escarpas do sinclinal Gandarela voltadas para o vale do Rio Conceição, uma vez que as escarpas da Serra do Caraça possuem maior homogeneidade litológica. O elevado potencial erosivo das bacias que se encontram no interior do anticlinal escavado em relação àquele das bacias que drenam o interior do Sinclinal Gandarela, teria levado à captura do Ribeirão Preto (antigo afluente do Rio Barão de Cocais). Para Medina *et al.* (2005), a captura daquele ribeirão pelo Rio Conceição se deu através da abertura de duas gargantas epigênicas que truncaram as cristas de itabirito da aba leste do Sinclinal Gandarela. Esta captura seria responsável pelo avançado estágio de entalhamento da Depressão Suspensa do Sinclinal Gandarela (MEDINA *et al.*, 2005). Segundo Fabri *et al.* (2008), o encaixamento do Ribeirão Preto (ou Rio Gandarela) ao longo de uma antiga falha de empurrão teria levado à abertura das gargantas, o que também teria sido facilitado pelo afloramento dos frágeis dolomitos da Formação Gandarela (Grupo Itabira – Supergrupo Minas).

Em contraste com os demais níveis, a dominância de cascalho de quartzo no N8 (Tabela 2) parece indicar que o testemunho analisado seria referente a uma área de confluência entre os rios Caraça e Conceição, sendo provenientes deste os grãos de itabirito e hematita (20%) e daquele a maior parte dos grãos de quartzo (80%). Apesar da dominância de quartzitos na bacia do Ribeirão do Caraça, eles provavelmente não suportariam o transporte, se desintegrando na fração areia. Níveis aluviais situados a até 100 m acima dos rios atuais são descritos por Moreira (1997) e por Marques (1997) em vales da bacia do alto Rio Paraopeba, porção oeste do Quadrilátero Ferrífero. A pequena quantidade de cascalho de itabirito em contraste com os níveis aluviais mais recentes, assim como no vale do Rio Conceição, também é apontada nesses trabalhos. Isso pode sugerir que esses níveis sejam marcos fundamentais no processo de inversão pós-pleiocênica do relevo no Quadrilátero Ferrífero (MEDINA *et al.*, 2005), o que teria favorecido a dissecação de escarpas itabiríticas.

Nota-se também que o montante de cascalho anguloso somado ao de subanguloso nos diferentes depósitos nunca é maior que 40% do total (Tabela 2). Como o Rio Conceição se encontra num domínio serrano, provavelmente houve sempre energia suficiente para o transporte do cascalho, promovendo

o contínuo desgaste dos mesmos. O eficiente arredondamento dos clastos também pode estar ligado à dominância de grãos de itabirito e hematita. Magalhães Júnior e Saadi (1994) verificaram que, num trecho de aproximadamente 50 km do Rio das Velhas, a petrografia do cascalho do nível de Terraço Intermediário que era de 49% de itabirito a montante, passou para apenas 6% a jusante, evidenciando um intenso desgaste erosivo deste material dentro do trecho estudado.

Também chama a atenção o tamanho médio e o tamanho máximo do cascalho do N2, muito superiores aos valores encontrados nos demais níveis (Tabela 2). Segundo Miall (2006), a literatura tradicional estabelece que um rejuvenescimento tectônico é necessário para gerar e transportar detritos grosseiros em grande quantidade. A dominância de cascalho subarredondado a subanguloso (Tabela 2) pode reforçar a ideia de um aporte rápido de cascalho, pois os grãos não teriam tido tempo para um maior desgaste e arredondamento. Entretanto, essa relação com o grau de arredondamento pode

ser determinada simplesmente pela distância da área fonte, uma vez que o N1 foi amostrado a montante dos demais níveis. Destaca-se ainda que, a fácies de finos é composta predominantemente pelas frações silte e areia (Tabela 2), o que pode revelar uma imaturidade dos solos quando da formação do N2, favorecendo o fornecimento de material detrítico.

Vale observar que a literatura aponta que a incisão vertical de um curso d'água pode ser retardada por um aumento na carga sedimentar detrítica (PAZZAGLIA, 2010). No Rio Conceição o encaixamento é freado pelos sedimentos de dois níveis deposicionais: N2 e N3 (Figura 6). No caso do primeiro, os clastos são, em média, maiores que os transportáveis pela competência atual do fluxo. Já no caso do N3, sua fácies basal é cimentada por óxidos-hidróxidos de ferro, formando uma couraça resistente à erosão fluvial. Impedido de incidir verticalmente, o rio tende a erodir lateralmente seus depósitos, expondo ainda mais o material detrítico que pavimenta a calha (Figura 6 B).



Figura 6 - Características do leito do Rio Conceição – A: cascalho cimentado por óxidos-hidróxidos de ferro do N3 aflorando no leito; B: rio desmontando a fácies superior do N2, expondo grandes clastos no leito.

Quanto aos depósitos do N1, marcados pelo domínio da fração areia (Tabela 2), eles provavelmente estão ligados 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 da bacia (HENRIQUES, 2008), também comprometendo a dinâmica hidrossedimentológica dos cursos d'água. Também devem ser considerados os passivos da atividade mineradora recente (minério de ferro) e da silvicultura de eucalipto, uma vez que interferem diretamente nas áreas de nascentes e de recarga de aquíferos. Alterações na concentração de alguns elementos geoquímicos em água e sedimentos do Rio Conceição também foram relacionadas

por Parra (2006) à atividade mineradora, como no caso do zinco, do cobre e do arsênio.

Medina *et al.* (2005) destacam que os danos da alteração antrópica da paisagem regional nos últimos séculos podem ter se agravado em razão das próprias características climáticas regionais. A forte sazonalidade das precipitações constitui um elemento que favoreceu a morfogênese, devido às fortes enxurradas sobre vertentes íngremes e, muitas vezes, desnudas. Ainda segundo aqueles autores, onde a mata original foi removida, ocorrem processos de erosão acelerada, sobretudo erosão laminar e rasos deslizamentos translacionais. Essa fragilidade se deve às vertentes de declividade acentuada, sobre solos pouco espessos e de baixa permeabilidade, sustentados por rochas foliadas de baixa resistência ao intemperismo químico (xistos e filitos).

Prováveis condicionantes tectônicos e climáticos

Vários indícios de condicionamento tectônico na evolução do vale do Rio Conceição foram constatados. Dentre eles, destaca-se o conjunto de anomalias verificado no médio curso, na zona de confluência com os rios Barão de Cocais e Caraça. Nesse trecho, o Rio Conceição, que tem orientação geral SW-NE, muda bruscamente de direção repetidas vezes (Figura 7). Na mesma área, o Rio Barão de Cocais também muda bruscamente de direção antes de sua confluência com o Rio Conceição. Vale destacar que na projeção da continuidade do Rio Barão de Cocais antes de tal mudança de direção é verificado um amplo vale, o qual, no entanto, não possui nenhum canal de drenagem expressivo, sugerindo que o mesmo teria sido esculpido por aquele rio e posteriormente abandonado. Nesse “vale abandonado” não foram encontrados registros sedimentares aluviais, apenas um expressivo depósito de colúvio, próximo à entrada da cidade de Barão de Cocais (UTM 23S, 7796434 N; 660614 E), o

qual contém clastos de origem provavelmente aluvial. Nesse depósito, os sedimentos também se encontram cimentados por óxidos-hidróxidos de ferro.

Ainda no médio curso, em dois pontos foram encontrados perfis aluviais que sugerem a atividade de armadilhas tectônicas/estruturais ao longo do vale do Rio Conceição. Essas armadilhas de sedimentos podem estar relacionadas às recentes fases distensivas descritas por Lipski (2002) e Sant’Ana *et al.* (1997), responsáveis por falhamentos em coberturas lateríticas na bacia sedimentar de Fonseca. A primeira armadilha (Figura 7 A) ocorreria próxima à confluência com o Ribeirão do Caraça. Nessa área foi observada uma expressiva acumulação de material de calha em um perfil que apresenta uma sucessão agradacional de sedimentos finos e grosseiros, evidenciando um contínuo empilhamento dos sedimentos, como em uma área que sofre subsidência local. As características e o contexto desse perfil permitem inferir que ele é relativo ao N3.

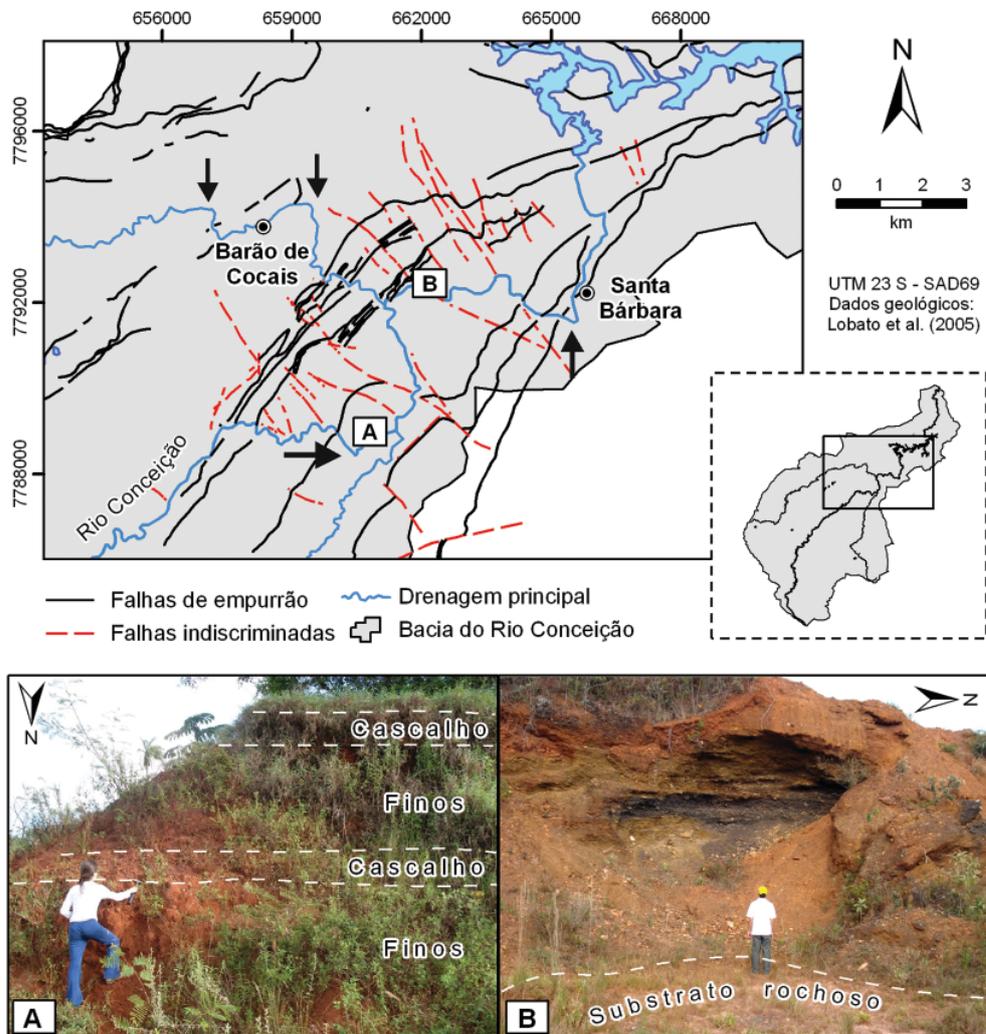


Figura 7 - Mudanças bruscas de direção dos rios e prováveis armadilhas de sedimentos no médio vale do Rio Conceição. As setas indicam algumas das mudanças bruscas de direção do canal.

A segunda armadilha tectônica/estrutural ocorreria à jusante da confluência com o Rio Barão de Cocais (Figura 7 B). Nessa área foram observados perfis com expressiva acumulação de cascalho, podendo ultrapassar os 12 m de espessura, o que é anômalo em relação a todos os demais perfis visualizados. Em razão de suas características sedimentares e de seu desnível vertical, este depósito é associado ao N5. Nesses perfis foram observadas marcas de paleocanais e estratificações cruzadas, o que não ocorre em outros trechos.

Mais a jusante, 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/Santa Bárbara faz uma inflexão para a direção oposta ao bloco elevado, que estaria na margem direita. Nesse trecho, só foram observados depósitos fluviais bem desenvolvidos nesta margem, o que, no conjunto, parece reforçar a ideia de um basculamento na área, como proposto pelo mapeamento morfotectônico da bacia do Rio Doce realizado por Souza (1995).

Por fim, duas possíveis gêneses podem ser levantadas para o depósito anterior ao N8, observado próximo à confluência com o Rio Barão de Cocais: (i) ele estaria relacionado aos depósitos analisados por Lipski (2002) na área do Quadrilátero Ferrífero, incluindo as conhecidas bacias terciárias de Fonseca, Gandarela e Gongo Soco; (ii) reativações de falhas teriam provocado a geração de leques aluviais e o barramento da drenagem, propiciando a deposição de sedimentos, conforme identificado por Marques (1997) e Moreira (1997) nos depósitos mais antigos do alto-médio Rio Paraopeba. As análises feitas por Lipski (2002) permitiram ao autor identificar quatro eventos tectônicos do Eo-Oligoceno ao Quaternário, envolvendo fases compressivas e distensivas

Todo esse conjunto de fatos geológicos e geomorfológicos sugere a atuação da neotectônica na área, a qual tanto se aproveitaria de estruturas herdadas dos eventos geotectônicos do Pré-Cambriano, como seria responsável pela formação de novas estruturas. Na literatura são encontrados vários outros indícios e evidências de movimentação tectônica cenozóica no Quadrilátero Ferrífero (BACELLAR *et al.*, 2005; CAMPOS, 2006; LANA e CASTRO, 2010; LIPSKI, 2002; MAGALHÃES JÚNIOR e SAADI, 1994; MAGALHÃES JÚNIOR *et al.*, 2011a, b; MARQUES, 1997; MOREIRA, 1997; SAADI, 1991; 1993; SANT'ANNA *et al.*, 1997; RAPOSO *et al.*, 2008; VARAJÃO *et al.*, 2009) e na bacia do Rio Doce (MELLO, 1997; SAADI, 1991; 1993; SARGES, 2002; SOUZA, 1995; SUGUIO e KOHLER, 1992), incluindo deformações tectônicas em depósitos sedimentares do Quaternário Tardio. No Rio Conceição, as maiores anomalias na Relação Declividade *versus* Extensão identificadas por Barros *et al.* (2010) estão, sobretudo no alto curso, intimamente ligadas

às estruturas herdadas, sugerindo possíveis movimentações recentes.

Além dos indícios apontados, vem do escalonamento dos níveis deposicionais a principal evidência de uma influência neotectônica positiva na evolução do vale do Rio Conceição. Em diversos trabalhos sobre a evolução de vales fluviais no Quadrilátero Ferrífero, o escalonamento de níveis deposicionais vem sendo tratado como resposta a um contínuo soerguimento crustal do Escudo Brasileiro, associado a uma tectônica diferencial de blocos. Após analisarem níveis deposicionais escalonados em várias partes do globo, Bridgland e Westaway (2008) apontam tal padrão como típico do Quaternário. Caso o escalonamento dos níveis fosse apenas uma consequência de um rebaixamento do nível de base de erosão, devido a soerguimentos anteriores ao Quaternário, seria esperada maior regularidade na morfologia do vale e no perfil longitudinal do Rio Conceição, o que não é constatado.

Bridgland e Westaway (2008) propõem que a causa dos soerguimentos regionais que geram o escalonamento de níveis deposicionais fluviais estaria ligada a ciclos climáticos. Este padrão estaria associado a um soerguimento acelerado iniciado a aproximadamente 900 ka, podendo estar associado à “Revolução do Pleistoceno Médio”, quando os ciclos glaciais-interglaciais passaram de 41 mil para 100 mil anos. Há várias incertezas envolvendo a extrapolação de explicações da formação de níveis deposicionais de regiões temperadas frias para zonas climáticas mais quentes. Bridgland e Westaway (2008) colocam que, entretanto, o continente sul-americano experimentou flutuações climáticas semelhantes às áreas da Europa, onde clássicas sequências de terraços fluviais se formaram, por isso seria tentador sugerir que um mecanismo comparável de formação de níveis aluviais, porém ainda não definido, seria ativo por aqui.

No caso do vale do Rio Conceição, a perfeita alternância entre níveis cujos sedimentos são cimentados por óxidos-hidróxidos de ferro (N7, N5 e N3) com níveis cujos sedimentos não são cimentados (N8, N6, N4 e N2) é o que favorece essa possibilidade de interpretação. A formação destes “conglomerados ferruginosos” parece refletir fenômenos climáticos regionais, uma vez que materiais semelhantes são encontrados em diferentes vales do Quadrilátero Ferrífero (BARROS, 2012; BARROS e MAGALHÃES JÚNIOR, 2009; CHEREM *et al.*, 2008; RAPOSO *et al.*, 2008; SANTOS *et al.*, 2009).

Desde o último estágio glacial, iniciado a aproximadamente 116 ka, diversas flutuações climáticas foram registradas na região sudeste do Brasil (LEDRU *et al.*, 2009), inclusive em Minas Gerais (BARROS *et al.*, 2012). Em linhas gerais, os testemunhos mais próximos à bacia do Rio Conceição mostram a dominância de um clima mais frio e mais seco entre 50 e 10 ka AP e um gradual aumento de temperatura

e umidade desde então (ARAÚJO *et al.*, 2005; BEHLING e LICHTER, 1997; GOMES *et al.*, 2009; OLIVEIRA, 1992; PARIZZI *et al.*, 1998).

A partir da análise dos resultados, propõe-se que a formação dos níveis cujos sedimentos são cimentados por óxidos-hidróxidos de ferro (N7, N5 e N3) teria ocorrido sob regime climático mais seco, enquanto a formação dos níveis cujos sedimentos não são cimentados (N8, N6, N4 e N2) ocorreria sob regime climático mais úmido. Nas fases mais secas, o aporte sedimentar aos cursos d'água seria mais elevado, em razão da pequena proteção fornecida pela vegetação e do regime pluvial provavelmente mais concentrado, propiciando a formação de espessos pacotes de cascalho. Curtos períodos chuvosos elevariam o nível freático, sendo seguidos por períodos mais longos de rebaixamento do mesmo. A textura grosseira teria favorecido a oscilação do nível freático e, logo, a movimentação de óxidos-hidróxidos de ferro, devido a maior condutividade hidráulica, possibilitando a cimentação dos sedimentos. Por outro lado, nas fases mais úmidas, a vegetação ofereceria maior proteção às encostas, sendo fornecido menos cascalho, e a flutuação do nível d'água seria menor, dificultando a cimentação ferruginosa.

Por outro lado, a formação cíclica de níveis com sedimentos cimentados por óxidos-hidróxidos de ferro pode estar ligada a um controle tectônico/estrutural. Nesse sentido, dada a abundância de ferro na área, a cimentação dos sedimentos ocorreria por um maior tempo de residência da água, devido à estabilidade do nível de base e/ou à atuação de soleiras geomorfológicas. O caráter escalonado e pareado dos níveis aluviais reforça a hipótese de rompimentos sucessivos de soleira e/ou eventos tectônicos, alterando o nível de base. No entanto, estes períodos de estabilidade teriam que ser longos o suficiente para a cimentação de espessos pacotes de sedimentos e curtos o suficiente para não promover intensa migração lateral, caso contrário os níveis mais antigos não seriam preservados. Essa hipótese talvez seja mais plausível para a explicação da formação localizada de laterita em alguns perfis, como nos níveis 8 e 4.

Conclusão

A partir da análise dos registros sedimentares aluviais do vale do Rio Conceição, algumas conclusões principais podem ser apresentadas:

Oito níveis deposicionais aluviais são identificados, sendo dois de planície de inundação (N1 e N2, distinguidos por sua composição sedimentar diferenciada), um nível de terraço (N3) e cinco níveis deposicionais aluviais descaracterizados morfologicamente (N4, N5, N6, N7 e N8); esse quadro se aproxima daquele encontrado em vales do alto Rio Paraopeba (MARQUES; MOREIRA, 1997), porém contrasta com o pequeno número de níveis aluviais encontrados na

bacia do alto Rio das Velhas (adjacente à bacia do Rio Conceição), que drena a área central do Quadrilátero Ferrífero, onde geralmente são identificados apenas três níveis aluviais abandonados (BACELLAR *et al.*, 2005; MAGALHÃES JÚNIOR e SAADI, 1994; MAGALHÃES JÚNIOR *et al.*, 2011a, b; RAPOSO *et al.*, 2008).

O predomínio de cascalho de itabirito e hematita nos depósitos está em acordo com o maior potencial erosivo e a maior capacidade e competência nos canais da bacia instalada no Grupo Itabira, como revelado por análises morfométricas em estudos anteriores. Esse fato parece estar ligado à intensa dissecação da Depressão Suspensa do Sinclinal Gandarela bem como ao processo de retração lateral de escarpas no Quadrilátero Ferrífero, induzido por taxas de erosão muito mais altas em litologias que compõem a base das escarpas que têm no topo os itabiritos.

Marcado pelo domínio da fração areia, o nível deposicional mais recente parece estar ligado a impactos da ocupação antrópica na área, a qual remonta ao século XVIII (MARTINS, 1994; HENRIQUES, 2008), assim como em vários vales do Quadrilátero Ferrífero (MAGALHÃES JÚNIOR e SAADI, 1994; BARROS e MAGALHÃES JÚNIOR, 2009; MARQUES, 1997; RAPOSO *et al.*, 2008; SANTOS *et al.*, 2009).

Os indícios de condicionamento tectônico na evolução fluvial do vale do Rio Conceição incluem o escalonamento dos níveis aluviais, formação de armadilhas de sedimentos, desvios fluviais e basculamento. Esses fatos geomorfológicos estão associados a uma rica matriz estrutural herdada de ciclos geotectônicos do Pré-Cambriano, a qual, segundo a literatura, é de grande importância para as manifestações neotectônicas na área.

O controle climático é sugerido pela formação de níveis fluviais com e sem a cimentação do cascalho por óxidos-hidróxidos de ferro. A ocorrência de “conglomerados ferruginosos” em diferentes vales do Quadrilátero Ferrífero indica que a formação desse material responderia a eventos climáticos regionais.

A comparação dos registros descritos no vale do Rio Conceição com depósitos datados em outros vales do Quadrilátero Ferrífero (BACELLAR *et al.*, 2005; MAGALHÃES JÚNIOR *et al.*, 2011a, b) balizou a consideração de que aqueles também seriam do Quaternário, dada a similaridade estratigráfica e morfológica entre os níveis e seus depósitos. Entretanto, como os níveis mais antigos do vale do Rio Conceição não apresentam correspondentes na bacia do alto Rio das Velhas, eles podem assumir idades superiores, o que demanda o aprofundamento da presente pesquisa com a datação dos depósitos para a investigação de tal hipótese.

As várias similaridades encontradas entre a evolução do vale do Rio Conceição e a de outros vales do Quadrilátero Ferrífero apontam para eventos e condicionantes regionais, sejam eles de ordem litoestrutural, tectônica, climática ou antrópica.

Agradecimentos

Os autores agradem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento do projeto de pesquisa; ao CNPq pela concessão de bolsa de mestrado; ao Grupo de Pesquisa Geomorfologia e Recursos Hídricos e ao Laboratório de Geomorfologia do IGC/UFMG pelo apoio.

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.
- AQUINO, S., LATRUBESSE, E.M., STEVAUX, J. Características hidrológicas e aspectos morfo-hidráulicos do Rio Araguaia. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Goiânia, v. 7, p. 99-111, 2005.
- ARAÚJO, 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*, v. 64, p. 298-307, 2005.
- 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. *Eventos sedimentares do quaternário e evolução morfodinâmica do vale do Rio Conceição – Quadrilátero Ferrífero/MG*. 2012. 110 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.
- BARROS, L.F.P., LAVARINI, C., LIMA, L.S., MAGALHÃES JÚNIOR, A.P. Síntese dos cenários paleobioclimáticos do Quaternário Tardio em Minas Gerais/Sudeste do Brasil. *Revista Sociedade & Natureza (Uberlândia)*, v. 23, n. 3, p. 371-386, 2012.
- BARROS, L.F.P., BARROS, P.H.C.A., MAGALHÃES JÚNIOR, A.P. Condicionamento litológico e tectônico na morfometria da bacia do Rio Conceição - Quadrilátero Ferrífero/MG. *Revista de Geografia (Recife)*, v. espec, p. 195-209, 2010.
- BARROS, L.F.P., MAGALHÃES JÚNIOR, A.P. Paleoaambientes Depositionais Fluviais e Dinâmica Atual do Vale do Rio Maracujá - Quadrilátero Ferrífero/MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18, 2009, Campo Grande. [Anais eletrônicos...]. Campo Grande: ABEQUA, 2009. 1 CD-ROM.
- 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.
- BRIDGLAND, D., WESTAWAY, R. Climatically controlled river terrace staircases: a worldwide Quaternary phenomenon. *Geomorphology*, v. 98, p. 285–315, 2008.
- CAMPOS, M.I.B. *Caracterização da deformação frágil e sua relação com os processos de voçorocamento na porção sudeste do Complexo Metamórfico Bação – Quadrilátero Ferrífero – Minas Gerais*. 2006. 156 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2006.
- CASTRO, P.T.A., ALVES, J.M., FERREIRA, H.L., LANA, C.E. A influência dos níveis de base locais nas características físicas dos ecossistemas fluviais: os rios periféricos à Serra do Espinhaço Meridional, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA, 10, 2005, Ilhéus. [Anais eletrônicos...] Ilhéus, 2005. 1 CD-ROM.
- 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 eletrônicos...]. Belo Horizonte: UFMG, 2008. 1 CD-ROM.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS, CPRM. *Mapa geológico do Brasil ao milionésimo*. Rio de Janeiro, 2005. 41 CDs, 1 DVD.
- DORR, J.V.N. Nature and origin of the high grade hematite ores of Minas Gerais, Brazil. *Economic Geology*, v. 60, p. 1-46, 1965.
- FABRI, F.P., MARENT, B.R., MAGALHÃES JÚNIOR, A.P., SALGADO, A.A.R. Classificação dos Trechos dos Cursos Fluviais da Bacia do Rio Conceição – Quadrilátero Ferrífero/MG: resultados preliminares. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 2, SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 7, 2008, Belo Horizonte. [Anais eletrônicos...]. Belo Horizonte: UFMG, 2008. 1 CD-ROM.
- 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, 2009, Belém. *Anais...* Belém, 2009, p. 37.
- 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)*, v. 11, p. 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.
- 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.
- LATRUBESSE, E.M. The Late-Quaternary palaeohydrology of large South American fluvial systems. In: GREGORY, K.J., BENITO, G. (Ed.). *Palaeohydrology: a contribution to global change*. Chichester: John Wiley and Sons, 2003. p. 193–212.
- LATRUBESSE, E.M., COZZUOL, M. RIGSBY, C., SILVA, S. ABSY, M.L., JARAMILLO, C. The Late Miocene paleogeography of the Amazon basin and the evolution of the Amazon River. *Earth Science Reviews*, v. 99, p. 99-124, 2010.
- 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*, n. 271, p. 140–152, 2009.
- LIPSKI, M. *Tectonismo cenozóico no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais*. 2002. 171 f. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) – Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2002.
- LOBATO, L.M., BALTAZAR, O.F., REIS, L.B., ACHTSCHIN, A.B., BAARS, F.J., TIMBÓ, M.A., BERNI, G.V., MENDONÇA, B.R.V. DE, FERREIRA, D.V. *Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero - Integração e Correção Cartográfica em SIG com Nota Explicativa*. Belo Horizonte: CODEMIG, 2005. 1 CD-ROM
- 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*, Belo Horizonte, v. 2, n. 1, p. 42-54, 1994.
- MAGALHÃES JÚNIOR, 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*, NO PRELO, 2011a.
- 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*, n. 132, p. 187–194, 2011b.
- MARQUES, M.R. *Morfodinâmica fluvial cenozóica no vale do Rio Paraopeba entre o Fecho do Funil e Juatuba, Minas Gerais*. 1997. 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*, n. 4, 14 p., 1994.
- MEDINA, A.I., DANTAS, M. E., SAADI, A. Geomorfologia. In: *Projeto APA Sul RMBH -Estudos do Meio Físico*. Belo Horizonte: CPRM/SEMAD/CEMIG, 2005. v.6.
- MELLO, C.L. *Sedimentação e tectônica cenozóicas no Médio Vale do Rio Doce (MG, sudeste do Brasil) e suas implicações na evolução de um sistema de lagos*. 1997. 275 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1997.
- MIALL, A.D. *The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology*. 4ª ed. Nova Iorque: Springer, 2006, 582 p.
- MOREIRA, P.F. *Depósitos cenozóicos e evolução morfodinâmica na bacia do Ribeirão Serra Azul (médio Rio Paraopeba), Minas Gerais*. 1997. 104 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997.
- MOURA, J.R.S. *Geomorfologia do Quaternário: período de transformações ambientais recentes*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. 376 p.
- OLIVEIRA, P.E. *A palynological Record of late Quaternary vegetational and climatic change in southeastern Brazil*. 238 f. Tese – Columbus, The Ohio State University – USA, 1992.
- 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.
- PARRA, R. R. *Análise geoquímica de água e de sedimentos afetados por minerações na bacia hidrográfica do Rio Conceição, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais – Brasil*. 2006. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) – Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2006.
- PAZZAGLIA, F.J. Fluvial Terraces. In: WOHL, E. (Ed.). *Treatise on Geomorphology*. New York: Elsevier, 2010, cap. 9. Disponível em <http://www.ees.lehigh.edu/ftp/retreat/outgoing/preprints_and_reprints/pazzaglia_submitted_terraces.pdf>. Acesso em 22 jul 2011.
- RAPOSO, A.A., OLIVEIRA, L.F., MAGALHÃES JÚNIOR, A.P., CHEREM, L.F.S. Níveis e seqüências deposicionais do vale do ribeirão do Mango, Quadrilátero Ferrífero/MG. In: ENCONTRO LATINOAMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 2, SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 7, Belo Horizonte. *Anais...* v. 1, p. 110-120, 2008.
- SAADI, A. *Ensaio sobre a morfotectônica de Minas Gerais: tensões intra-placa, descontinuidades crustais e morfogênese*. 1991. Tese (Concurso de Professor Titular do IGC/UFMG). IGC, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte 1991.
- SAADI, A. Neotectônica da Plataforma Brasileira: esboço e interpretação preliminares. *Geonomos*, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 1-15, 1993.
- 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 Proc. Landforms*, v. 32, p. 905-911, 2007.

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*, v. 10, n. 3-4, p. 275-284, 1997.

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.

SARGES, R.R. *Morfologia de lagos da região médio vale do rio Doce, Minas Gerais, e sua relação com a tectônica quaternária*. 2002. 188 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

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.

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.

STEVANUX, J.C., BARCZIYSKCY, O., MEDEANIC, S., NÓBREGA, M.T. Characterization and environmental interpretation of a floodplain Holocene paleosol: Implications for paleohydrological reconstructions in the Upper Paraná River, Brazil. *Zeitschrift für Geomorphologie (Supplementband)*, v. 145, p. 191-206, 2006.

SUGUIO, K., KOHLER, H.C. Quaternary barred lake systems of the Doce River (Brazil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 64, n. 2, p. 183-191, 1992.

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

VALADÃO, R.C., SILVEIRA, J.S. Estratigrafia Quaternária e evolução do Relevo no Complexo do Bação, Dado Preliminares. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 6, *Anais...* Rev. Escola de Minas, Ouro Preto, v. 45, n. 01-02, 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*, v. 33, p. 1409-1425, 2009.