

# Morfologia de depressões fechadas em relevo cárstico-quartzítico da bacia do Ribeirão Santana/MG: primeiras datações absolutas.

Uagoda, R.(1); Coelho Netto, A.L.(2) & Avelar, A.S.(3)

- (1) Msc. e Doutorando (PPGG-UFRJ) e Pesquisador do GEOHECO/Laboratório de Geo-Hidroecologia do Departamento de Geografia , IGEO-UFRJ. [uagoda@yahoo.com.br](mailto:uagoda@yahoo.com.br)
- (2) Professora Titular, Pesquisador 1B-CNPq e Coordenadora do GEOHECO/Laboratório de Geo-Hidroecologia do Departamento de Geografia , IGEO-UFRJ. [ananetto@acd.ufrj.br](mailto:ananetto@acd.ufrj.br)
- (3) Professor Adjunto e Vice-Coordenador do GEOHECO/Laboratório de Geo-Hidroecologia do Departamento de Geografia , IGEO-UFRJ. [andreavelar@acd.ufrj.br](mailto:andreavelar@acd.ufrj.br)

## Abstract

The present research aims to classify closed depressions forms found in the lower middle valley of the Ribeirão Santana and to identify the age of organic deposits in hill slopes and fluvial terraces. The research goal is to understand the relationship between the lowered of dolines and the opening of concavities, suspended or topographically adjusted to the bottoms of the fluvial valleys. The results indicate four depressions groups that could demonstrate distinct evolutions stages, and geomorphological mapping of the concavities and the hill deposits. Absolute dating shown similar ages between sediments confined in the closed depressions and in the suspended concavities. These results would demonstrate a regional propagation of a knickpoint adjustment event.

**Key Words:** closed depressions, concavities, hill slopes deposits.

## Resumo

Este trabalho objetiva classificar formas de depressões fechadas encontradas no médio-baixo vale do Ribeirão Santana e identificar a idade de depósitos orgânicos nas encostas e nos terraços fluviais. Busca-se entender a relação entre o aprofundamento de dolinas e a abertura de concavidades suspensas ou topograficamente ajustadas aos canais principais. Os resultados indicam quatro grupos de depressões, que podem demonstrar estágios evolutivos distintos, assim como o mapeamento de concavidades e depósitos de encostas. Datações absolutas apontam idades similares entre sedimentos no interior de depressões e nas concavidades estruturais suspensas, podendo demarcar evento de ajuste de nível de base com propagação regional.

**Palavras chave:** depressões fechadas, concavidades, depósitos de encosta.

## Introdução

Sistemas cársticos desenvolvidos em rochas não carbonáticas vem sendo descritos na literatura nacional e internacional. Estudos anteriores do GEOHECO-UFRJ mostraram haver um sistema cárstico em rochas quartzíticas na bacia do Ribeirão Santana/MG, afluente do Rio Preto (Avelar et al, 2006; Uagoda et.al, 2006; Uagoda, 2006; Uagoda et.al, 2008) – ver localização na Figura 1. Na região aonde se insere a bacia em estudo ocorrem as litologias da

seqüência metassedimentar Andrelândia (Ribeiro et al., 1990; Heilbron et al., 1995), composta por biotita-gnaisses bandados e quartzitos, dobrados regionalmente e em afloramentos, oriundas de pelo menos três fases de deformação.

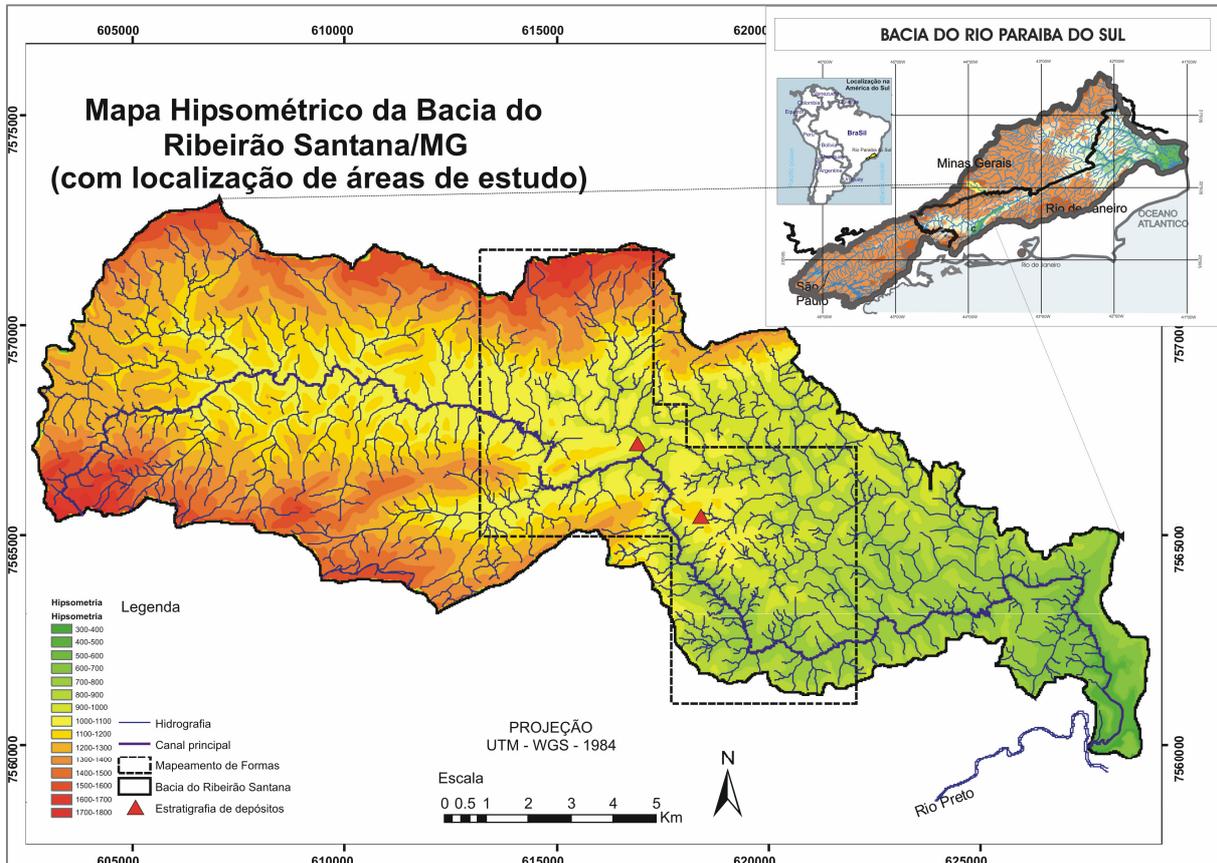


Figura 1: No canto superior direito a localização da bacia do Ribeirão Santana no contexto da Bacia do Rio Paraíba do Sul. No plano Principal: Mapa Hipsométrico da bacia do Ribeirão Santana, com localização das áreas de mapeamento de formas e de análise de depósitos.

Avelar et al. (2006) ressaltam que na bacia em estudos o gnaiss é rico em biotita, quartzo, feldspato e granada, e por vezes, tem silimanita e turmalina, com foliação metamórfica bem marcada e granulometria entre 2 e 5 mm. Os quartzitos foram observados em dois litotipos: (1) quartzito puro, com mais de 95 % de quartzo, em cristais maiores, entre 3 e 8 mm, com aspecto muito homogêneo, sacaroidal e foliação muito mal definida; (2) quartzito impuro, com quartzo associado ao feldspato e, por vezes, muscovita, apresentado granulometria mais fina, com grãos entre 1 e 3 mm. Estratigraficamente, o gnaiss está na parte inferior da seqüência, gradando para o quartzito impuro e, no topo, ao quartzito puro. Estes autores ressaltam que, devido ao dobramento deitado destas rochas, em vastas áreas os contatos e as foliações possuem mergulhos sub-horizontais, que, associado ao faturamento vertical (ou sub-vertical), permite a infiltração da água nos topos e exfiltração nos trechos médios das encostas. Esta percolação

causa a dissolução do quartzo, feldspato e muscovita nos trechos de contato entre o quartzito puro (acima) e impuro (abaixo), formando cavernas por dissolução, de formato alongado, sem espeleotemas e orientadas pelo fraturamento.

Após a dissolução mineral, observa-se redução da coesão da rocha, favorecendo a atuação mecânica, através da queda de blocos e por fluxos d'água internos que transportam material clástico quartzoso para o sistema encosta-fluvial. Por vezes, a dissolução é seguida por subsidência ou colapso, formando depressões fechadas ou dolinas. Uagoda (2006) indica que as cavernas e feições de abatimento concentram-se nas áreas montanhosas quartzíticas enquanto as dolinas de dissolução (depressões fechadas), assim como as concavidades topográficas associadas à abertura destas dolinas, concentram-se nas áreas de encostas convexo-côncavas em substrato rochoso de biotita-gnaïsse. Uagoda et al. (2006) estudando os depósitos sedimentares de encostas observaram a ocorrência de níveis orgânicos suspensos em cerca de sete metros, em relação ao nível atual do rio, apresentando níveis de intercalação entre deposição de encosta e camadas orgânicas em sua estratigrafia. Níveis hidromórficos e orgânicos confinados também foram encontrados nos depósitos de fundo de depressões fechadas e nas concavidades associadas à abertura destas depressões.

Quanto às depressões em divisores, feições que são amplamente distribuídas na bacia, Filizola & Boulet (1996), em estudos na bacia sedimentar terciária de Taubaté (SP), assim como Castro e Coelho Netto (2002) e Coelho Netto (2003), em estudos na bacia do rio Bananal (SP/RJ), consideram que tais formas poderiam estar associadas a mecanismos de subsidência geoquímica favorecidos por fluxos d'água em fraturamentos das rochas e, ainda, que estas depressões poderiam abrir para originar os vales no domínio das encostas.

Neste trabalho busca-se uma primeira classificação das feições morfológicas associadas à evolução de depressões fechadas e, por sua influência, à abertura dos vales de cabeceiras ou concavidades estruturais, anteriormente definidas por Avelar e Coelho Netto (1992) e revisto por Coelho Netto (2003). Incluem-se ainda as primeiras datações absolutas dos depósitos associados à evolução de depressões fechadas ou de concavidades estruturais suspensas ou ajustadas topograficamente aos vales fluviais adjacentes.

## **1. Materiais e métodos**

O mapeamento de feições cársticas foi realizado com levantamento de campo, restituição de fotografias aéreas 1:25.000 e plotagem em carta topográfica 1:10.000. Foram destacados alguns aspectos morfológicos das depressões fechadas e dos vales de cabeceiras,

assim como os depósitos de encostas e fluviais. A classificação morfológica das concavidades estruturais foi uma adaptação do trabalho de Coelho Netto (2003).

Os levantamentos de solos foram realizados com auxílio de um trado manual de 5 metros de comprimento, com coletor de 25 cm de diâmetro, e uma carta de cores de solos (Munsell, 1971). A análise granulométrica seguiu as técnicas de laboratório preconizadas por Folk & Ward (1957). Datações absolutas de matéria orgânica no solo foram obtidas com análises de  $^{14}\text{C}$ , realizadas pelo método acelerado de espectrometria de massas (A.M.S.) no Radiation Hygiene Monitoring Laboratory, Kiev, Ucrânia, sob a responsabilidade do Dr. Michael Buzinny.

## 2. Resultados

### Feições geomorfológicas características:

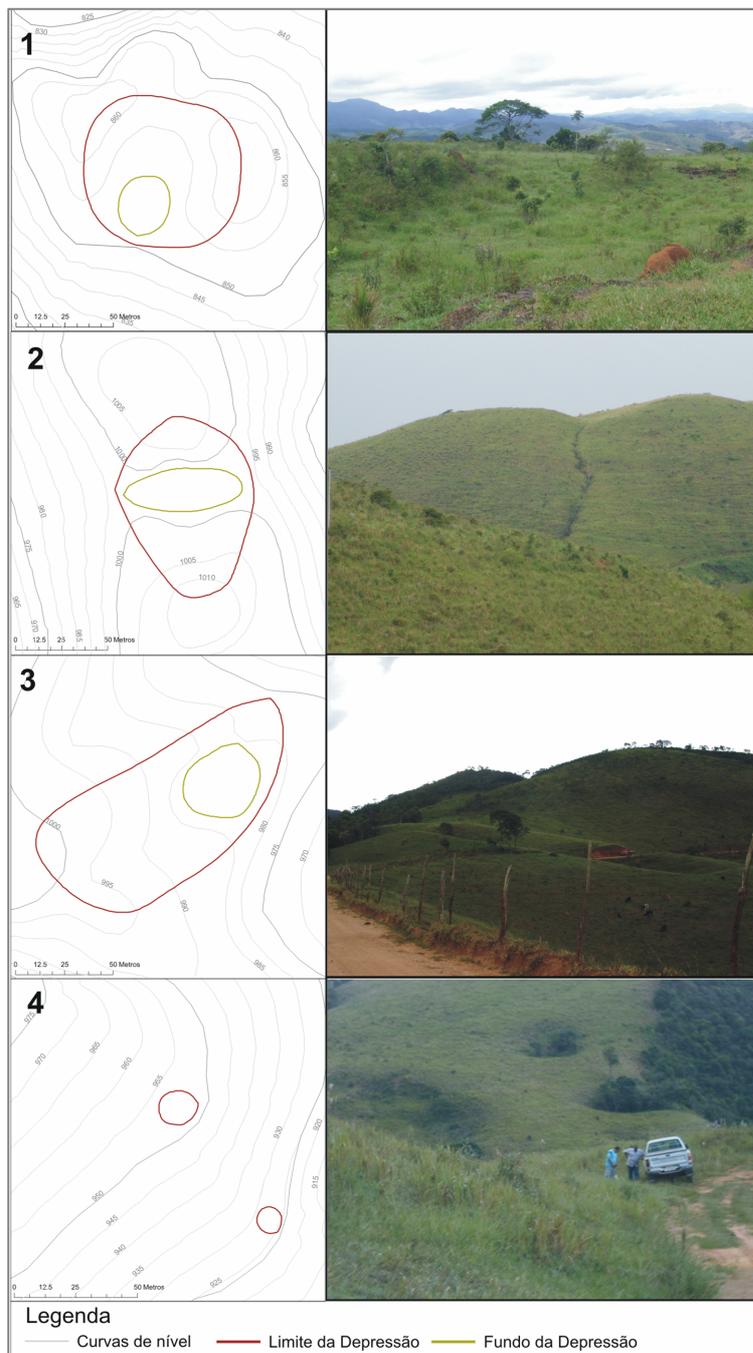
Em uma área de 56,32km<sup>2</sup> no interior da bacia em estudos (Figura 1) foram identificadas 131 feições doliniformes (depressões fechadas), além de 281 concavidades topográficas (vales de cabeceiras) e 18 feições erosivas (tipo ravina), contidas na tabela 1.

**Tabela 1** – Ocorrência de feições doliniformes, concavidades e ravinhas no interior da bacia.

<b>Grupo</b>	<b>Descrição da Forma</b>	<b>No. de Ocorrências</b>
1	Depressões rasas em topos planos	61
2	Depressões rasas em divisores rebaixados	15
3	Depressões rasas em encostas	26
4	Depressões profundas em encostas	29
5	Concavidades suspensas	221
6	Concavidades ajustadas	60
7	Ravinhas em encostas	18

Dentre as principais características das feições doliniformes podemos destacar: grupo 1 - *depressões rasas em topos planos* são relativas à dolinas de dissolução, sendo mais largas do que profundas, podendo indicar o início do processo de denudação química de uma cabeceira de drenagem; grupos 2 e 3 - *depressões rasas em divisores rebaixados* e *depressões rasas em encostas*, possuem rebaixamento de divisor em direção a concavidades abertas ou a canais erosivos adjacentes, podendo estar alimentando a rede de canais, mesmo que em subsuperfície; grupo 4 - *depressões profundas em encostas* diferem de todas as outras pelo fato de serem mais profundas do que largas e poderem ocorrer em qualquer posição da encosta, seja côncava ou convexa; parecem mais relacionadas às dolinas de abatimento.

No caso das concavidades topográficas ou vales de cabeceiras, foram encontradas, 221 concavidades topograficamente suspensas (31% da área total) e 60 concavidades



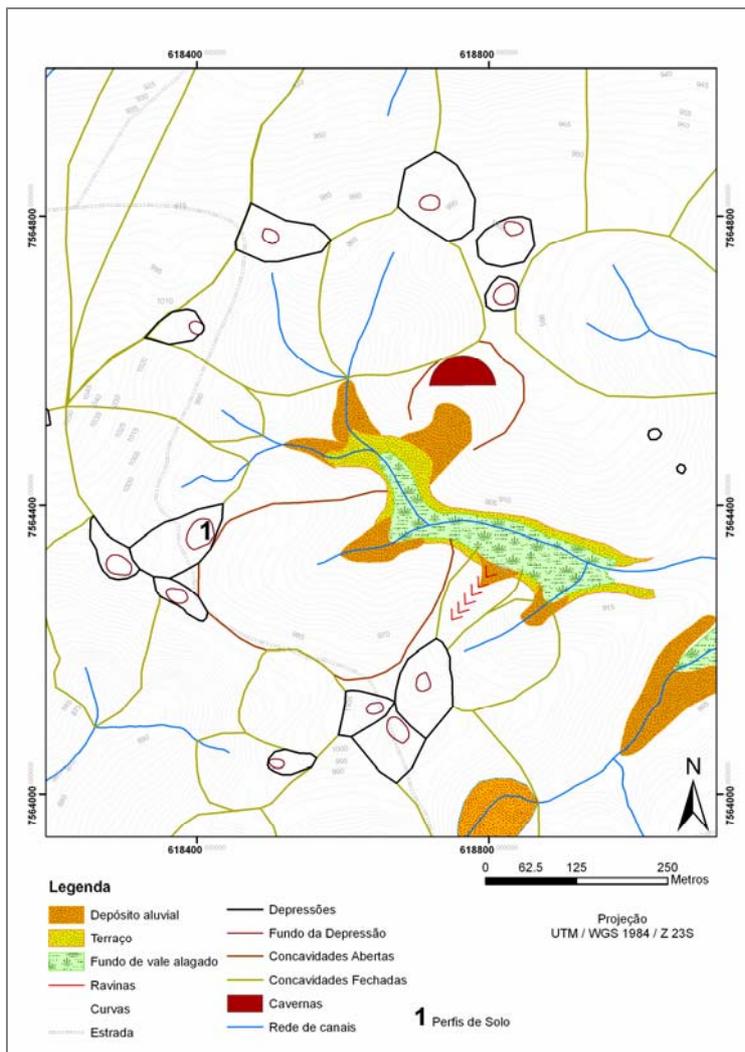
**Figura 2.** Formas de depressões e fotos representativas. 1. Depressões rasas em topos planos; 2. Depressões rasas em divisores rebaixados; 3. Depressões rasas em encostas; 4. Depressões profundas em encostas.

estudada, havendo um número de apenas 18 em 56,32km<sup>2</sup>.

### 3. Depósitos de encostas

A espacialização dos depósitos aqui identificados está bastante relacionada à distribuição de concavidades mapeadas (figuras 3 – página 6 e 4 – página 7). No interior de depressões, onde

topograficamente ajustadas ao canal coletor (7,25% da área total). Vale dizer, que a densidade total de concavidades, 38,25%, é superior a densidade total de concavidades encontrada nos estudos de Avelar & Coelho Netto (1992), em diferentes locais da bacia do rio Bananal, com 18,2% e 15%, respectivamente; os autores inferem uma relação direta com a densidade de fraturas no meio rochoso. A densidade total de concavidades ainda é maior do que os valores descritos em diversos locais na bacia do rio Bananal e outras bacias adjacentes, por Oliveira & Meis (1985), em torno de 29%. Este fato, segundo Coelho Netto (2003) seria um reflexo do estágio evolutivo mais adiantado na bacia do rio Bananal do que na bacia em estudo. Em relação às ravinas, fica clara a pouca expressividade destas na área

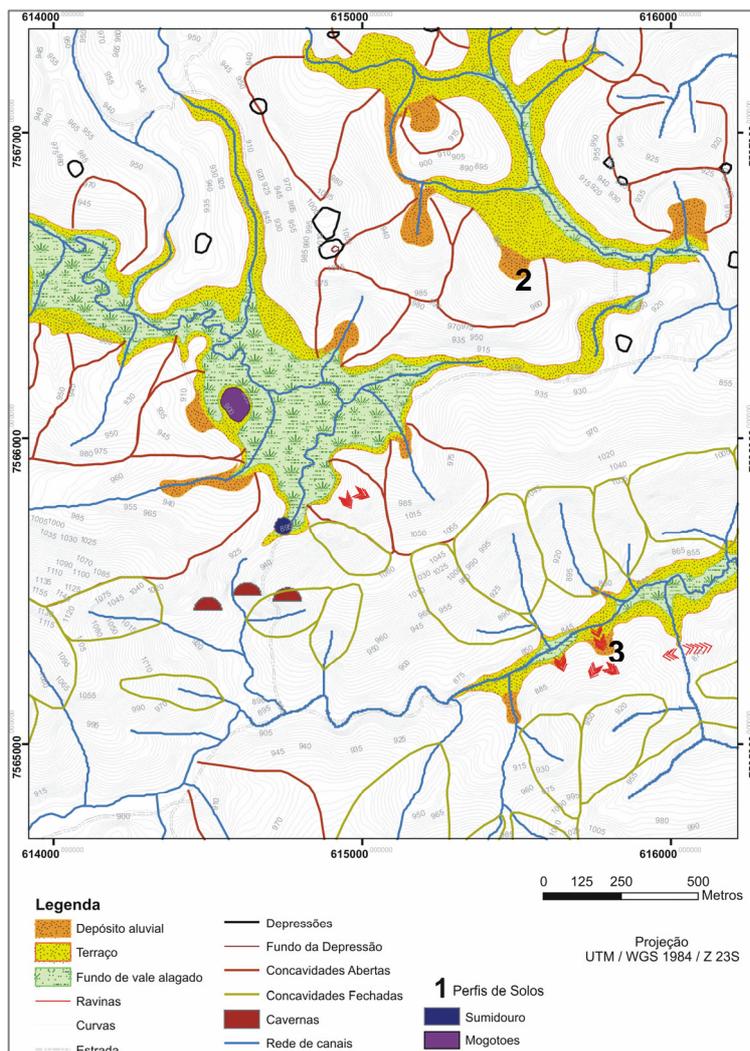


**Figura 3.** Mapa geomorfológico da bacia do Córrego dos Carneiros. O número 1 indica depressão onde foram executados estudos estratigráficos. O levantamento também foi executado na concavidade suspensa ao norte da depressão.

é indicada a área de fundo de depressão, geralmente há acumulação de depósitos dos sedimentos erodidos de suas encostas laterais sobrepostos aos materiais intemperizados no seu interior. A mesma situação ocorre naquelas concavidades topograficamente suspensas que são mais estreitas em sua base. No caso das concavidades topograficamente ajustadas ao fundo de vale adjacente, percebe-se a ocorrência de depósitos em forma de leques aluviais, ora com depósitos suspensos em relação ao nível de base atual (cerca de 7 metros, na maioria dos casos) ora com depósitos topograficamente ajustados a atual planície de inundação dos vales, que, na maioria dos casos, corresponde a uma área brejosa.

#### 4. Idade dos depósitos: resultados iniciais

Os depósitos estocados no fundo das depressões, ou nas concavidades suspensas (como visto na Figura 3) já foram descritos em Uagoda et al. (2006) e estão sendo apresentados aqui apenas para demonstrar a posição de coleta de solo para datação. No transecto da depressão pertencente ao grupo *depressões rasas em encostas* (figura 6A) foi encontrado um perfil de matéria orgânica de textura franco argilosa, com 50cm de espessura, a aproximadamente 3 metros de profundidade da superfície atual (seta amarela). A análise de  $^{14}\text{C}$ , indicou que tal perfil possui idades entre 7830 +/- 95 anos (A.P.), no topo do perfil e 8620 +/- 95 anos (A.P.),

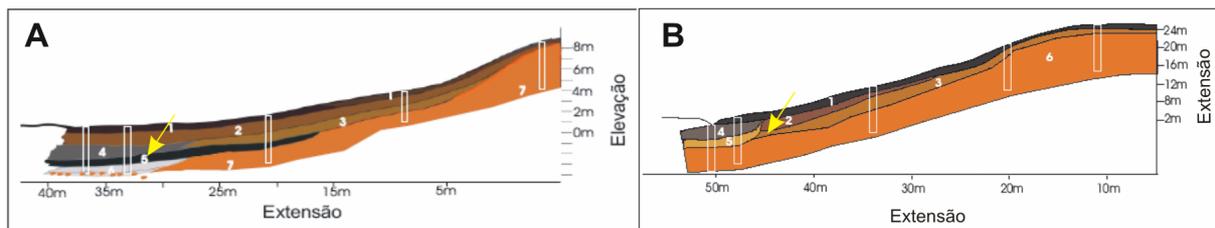


**Figura 4.** Mapa geomorfológico de parte do médio curso da bacia do Ribeirão Santana, mostrando área de sumidouro (vale cego) em destaque. O número 2 é relativo a área de perfil estratigráfico do córrego Luiza, enquanto o número 3 é relativo a área de perfil estratigráfico do córrego São Lourenço.

suspensos no sítio Luíza (córrego Luiza – a montante do sumidouro) e no sítio Coelho (córrego São Lourenço – a jusante do sumidouro). Estes dois perfis analisados encontram-se a aproximadamente 7 metros acima da atual planície de inundação do rio imediatamente adjacente. Tais perfis já foram descritos em Uagoda et al (2006). Os depósitos de matéria orgânica do perfil Luíza (Figura 6), estão embutidos a aproximadamente 2 metros da superfície atual e apresentam textura franco-argilosa. A análise de  $^{14}\text{C}$  indicou que tal perfil possui idades entre 7670 +/- 50 anos (A.P.) e 7780 +/- 50 anos (A.P.).

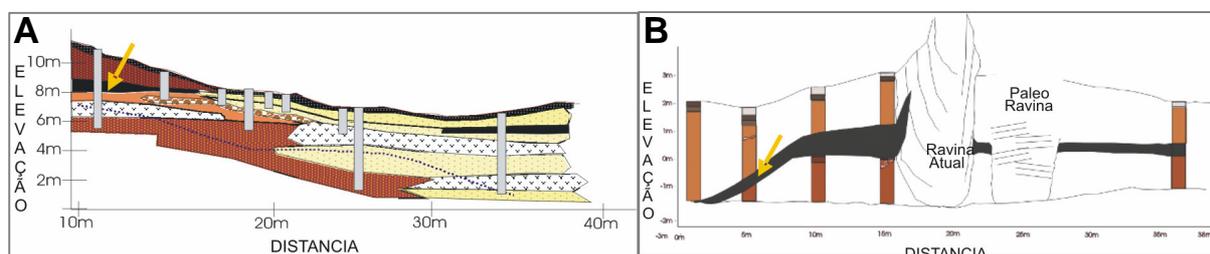
na base do perfil. Em uma concavidade estrutural suspensa e próximo a esta depressão (figura 5B) foram coletados fragmentos de matéria orgânica no perfil indicado como de número 3 na figura 5B (seta amarela), que possui textura franco arenosa. A análise de  $^{14}\text{C}$  indicou que tal perfil possui idade de 7200 +/- 90 anos (A.P.), sendo bastante próxima da idade obtida para o perfil da matéria orgânica da depressão, o que pode indicar que as duas feições tenham iniciado seu processo de formação no mesmo período, mas apenas uma delas abriu e evoluiu com a abertura do vale.

No caso dos depósitos aluviais de encostas no médio curso da bacia do Ribeirão Santana (Figura 4), foram identificados depósitos



**Figura 5.** Perfis estratigráficos de A Depressão e B Concavidade adjacentes na bacia do córrego dos Carneiros (posição indicada pelo número 1 da Figura 3). A seta amarela indica o local de coleta para datação

Os depósitos de matéria orgânica relativos ao perfil Coelho (Figura 7), estão embutidos entre 3 e 1,5 metros da superfície atual, possuindo textura arenosa grosseira e angulosa. A análise de  $^{14}\text{C}$  indicou idades entre 8310 +/- 65 anos (A.P.) e 8730 +/- 55anos (A.P.). Esta seção foi descrita por Uagoda et al (2006) onde o autor mostra que esta concentração de matéria orgânica é relativa a um período de formação brejosa no fundo do vale; a presença de uma paleo-ravina dissecando esta camada orgânica revela que esta zona saturada foi bruscamente esvaziada e, posteriormente, foi preenchida novamente pela contribuição de sedimentos quartzosos da encosta à montante. Atualmente esta mesma encosta encontra-se sob processo ativo de ravinamento em reposta ao corte de uma estrada aberta recentemente.



**Figura 6.** A. Perfil de solo de leque aluvial correspondente à concavidade aberta e ajustada ao córrego Luiza. (posição indicada pelo número 2 da Figura 4). B. Seção estratigráfica do depósito do conjunto Coelho, na margem do córrego São Lourenço (posição indicada pelo número 3 da Figura 4). As setas amarelas indicam os locais de coleta de solo para datação.

## 5. Considerações Finais

Dos quatro grupos de depressões demarcadas, ao menos duas delas (grupo 2 e 3) aparentam ter relação direta com o processo evolutivo de abertura de concavidades topográficas em encostas, assim como trata Coelho Netto (2003). Os outros grupos (1 e 4) podem representar um estágio antecedente a interconexão de fluxos sub-superficiais. Os dados de datação absoluta corroboram tal interpretação ao demonstrar idades semelhantes entre depressões e concavidades adjacentes. Os depósitos identificados demarcam um evento de ruptura, aparentemente com propagação regional, deixando suspensos depósitos de encostas a cerca de 7 metros do nível atual. Tal evento pode estar relacionado à captura do Ribeirão

Santana, desenvolvida pelo sumidouro mapeado. A explicação das datas alcançadas nos depósitos a montante do sumidouro ser mais recentes (e mais superficiais) do que as que estão à jusante, podem estar demarcando o tempo diferenciado de ajuste das formas ao novo evento erosivo, de dissecação pela ruptura. Uma ampliação da amostragem para datação, assim como uma verticalização nos estudos hidrogeoquímicos será necessária para ampliar o entendimento da evolução geomorfológica desta bacia hidrográfica, e em consequência, do balanço entre as taxas de intemperismo químico e físico.

## 6. Bibliografia

Avelar, A. S. & Coelho Netto, A.L. (1992). Fraturas e desenvolvimento de unidades geomorfológicas côncavas no médio vale do rio Paraíba do Sul. *Rev. Bras. de Geociências*, 22(2).

Avelar, A. S.; Coelho Netto, A. L.; Uagoda, R. E. S. & Ferro, C. S. R. (2006). Geologia, dissolução de rochas quartzíticas e formas cársticas na bacia do ribeirão Santana (MG/RJ). In: Simpósio Nacional De Geomorfologia 6 / Regional Conference On Geomorphology.

Castro, S.S. & Coelho Netto, A.L. (2002). Evolução Pedogenética em Depressão de Topo na Bacia do Alto Rio Fortaleza, Região do Bananal (RJ). In: Encontro Sobre Engenharia Geotécnica E Hidrologia No Sisema Encosta-Planície Costeira, 4, Anais. P.181-192.

Coelho Netto, A.L. (2003). Evolução de cabeceiras de drenagem no médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ): a Formação e o crescimento da Rede de Canais sob Controle Estrutural. In: *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 2: 69-100.

Dantas, M.E. (1995). Controles naturais e antropogênicos da estocagem diferencial de sedimentos fluviais: bacia do rio Bananal (SP/RJ), médio vale do rio Paraíba do Sul (Rio de Janeiro). *Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro*. Dissertação de Mestrado. 140p.

Filizola, H. F. A & Boulet, R. (1996). Evolution and opening of closed depressions developed in quartz-kaolinitic sedimentary substratum at Taubate basin, São Paulo, Brazil, and analogy to the slope evolution. *Geomorphology*, 16: 77-86.

Folk R.L. & Ward W.C. (1957). Brazos river bar: a study of significance of grain size parameters. *J. Sediment. Petrol.*, 27:3-26.

Heilbron, M. (1995). *O Segmento Central da Faixa Ribeira: síntese geológica e ensaio de evolução geotécnica*. Tese de livre docência. DGEL/UERJ. 110p.

Munsell. (1971). *Soil Color Charts*. Munsell color company, inc. Baltimore.

Oliveira, M.A. & Méis, M.R.M.(1985). Relações entre a geometria do relevo e formas de erosão linear acelerada (Bananal, SP), *Geociências*, 4, São Paulo, p. 87-99.

Ribeiro, A.; Paciullo, F. V. P; Andreis R. R.; Trouw, R. A. J. &Heilbron, M. (1990). Evolução policíclica proterozóica no sul doCráton do São Francisco: análise da região de São João dei Rei e Andrelândia, MG. *In: congresso brasileiro de Geologia*, 36, Natal, *Anais*, Natal, SBG, vol. 6, pg. 2605-2614.

Uagoda, R.; Avelar, A.; Coelho Netto, A.L. (2006). Contribution to carstic geomorphology in quartzitic rocks: mid preto river valley, Rio de Janeiro/Minas Gerais. *In: Simpósio Nacional De Geomorfologia 6 / Regional Conference On Geomorphology*.

Uagoda, R., (2006). Reconhecimento geomorfológico de relevo cárstico em rochas quartzíticas: bacia hidrográfica do Ribeirão Santana, médio vale do rio Paraíba do Sul./ *Dissertação de Mestrado*, PPGG-UFRJ, Rio de Janeiro.

Uagoda, R.; Avelar, A.; Coelho Netto, A.L. (2008). Karstic morphology in quartzose rocks: santana river basin at middle paraíba do sul river valley, minas gerais state/brazil. *In: Australian and New Zealand Geomorphology Group, Thirteenth Conference – Queenstown, Western Tasmania*.