



Depressões Fechadas em Relevo Cárstico-Quartzítico, Bacia do Ribeirão Santana, Médio Vale do Rio Paraíba do Sul.

Closed Depressions in Karstic-Quartzitic Relief, Ribeirão Santana Basin, Mid-Valley of the Paraíba do Sul River.

Rogério Uagoda; André de Souza Avelar & Ana Luiza Coelho Netto

*GEOHECO – Laboratório de Geo-Hidroecologia, DEGEO-IGEO, Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza-CCMN, Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ.
Av Brigadeiro Tropóvisk, s/nº, Prédio do CCMN B1.H sala H1-015.
Cidade Universitária Ilha do Fundão. CEP: 21941-590.
uagoda_rogerio@ufrj.br; ananetto@acd.ufrj.br; andreavelar@acd.ufrj.br
Recebido em 17/08/2006 Aprovado em: 28/09/2006*

Resumo

Feições cársticas são geralmente desenvolvidas em rochas carbonáticas, mas também podem ocorrer em rochas silicláticas, como é o caso dos quartzitos. A presente pesquisa objetiva realizar mapeamento da morfologia superficial e reconhecimento de depósitos de área cárstica em rochas quartzíticas. O trabalho foi desenvolvido na bacia hidrográfica do Ribeirão Santana (210 km²), médio vale do rio Preto, que é tributário do rio Paraíba do Sul, localizando-se entre os estados do Rio de Janeiro e de Minas Gerais, Brasil. Foi realizada restituição de fotografias aéreas na escala 1:25.000 em ambiente 3D, donde resultou carta planialtimétrica em escala 1:10.000, com localização de depressões fechadas, concavidades com e sem canal e depósitos. Em campo foi executado levantamento topográfico de precisão, 1:500, resultando em mapeamentos planialtimétricos de formas já identificadas. Também foram feitas coletas de solo em fundos de vale, encostas e depressões, analisadas segundos os critérios de cor, textura e morfoscopia de grãos, resultando em perfis de solo, para depósitos confinados em fundos de depressões. Foram também geradas representações esquemáticas, para sedimentos de fundos de vale e encosta. Os resultados indicam que as depressões fechadas posicionam-se geralmente nos divisores de drenagem, havendo também casos em encostas. Quanto aos pacotes deposicionais, há predominância da fração areia em todas as amostras dos perfis de depósitos de encosta e fundos de vale fluviais, o que pode indicar

que os finos são carregados em solução. Nos depósitos confinados em depressões são encontrados perfis orgânicos e/ou hidromórficos em profundidade, semelhante ao que é descrito em outros trabalhos sobre o tema. Os dados subsidiarão pesquisa futura que levará em conta características geológicas, hidrológicas e geoquímicas, a fim de interpretar a gênese e desenvolvimento das feições cársticas.

Palavras-chave: geomorfologia cárstica; cabeceiras de drenagem; depressões fechadas.

Abstract

Karstic features generally develop in carbonatic rocks, but can also occur in siliciclastic rocks, as quartzites. The present research aims to create superficial morphology mapping and reconnaissance of karstic area deposits in quartzitic rocks. The study was developed in the hydrographic basin of the Ribeirão Santana (210 km²), mid-valley of the Preto river, a tributary of the Paraíba do Sul river, located between the states of Rio de Janeiro and Minas Gerais, Brazil. Aerial photographs at 1:25.000 scale were reconstituted in 3D environments, resulting in a planimetric and altitudinal map at 1:10.000 scale. Closed depressions, concavities with and without channels and deposits, were detached from these maps. Precise field topographic surveys at 1:500 scale resulted in planimetric and altitudinal maps related to identified forms. Also, soil samples were collected in the valley basins and depressions and analyzed according to their color, texture and grain morphoscopy criteria. Such study resulted in soil profiles for deposits confined at the bottoms of depressions and schematic representations of sediments from valley bottoms and slopes. The results indicate that the closed depressions are generally positioned at the limit of the drainage. In all sampler from the slope and fluvial valley bottom deposits the sand fraction predominates over fine particles, which were probably carried away in solution. Similar to the literature description, deep organic and/or hydromorphic profiles were found in depressions confined deposits. The present data can contribute to future geologic, hydrologic and geochemical characteristics to interpret the origin and development of karstic features

Keywords: karst geomorphology; headwater basins; closed depressions.

1 Introdução e Objetivos

O termo carste aplica-se as feições morfológicas em rochas solúveis e sua origem está relacionada aos estudos clássicos de A. Penck na região da península balcânica em um sistema cárstico sob rochas calcáreas (Kohler, 1994). Na evolução do sistema cárstico em rocha calcárea predomina a reação

de dissolução ácida do carbonato de cálcio (CaCO_3), sob altas taxas, principalmente em regiões de clima quente e úmido. Em última instância, o termo refere-se às feições geradas predominantemente pela ação química em rochas solúveis, com deposição de elementos mais estáveis, e posterior ação gravitacional associada principalmente ao colapso de fragmentos de rocha e ação da água subterrânea para transporte de detritos residuais e de elementos em solução (Ford & Williams, 1989 *apud* Doerr, 1999). No Brasil, destacam-se os estudos sobre carste em rochas carbonáticas desenvolvidos por Kohler (1989), Auler (1995) e Piló (1996), principalmente em carbonatos da bacia do rio das Velhas, no estado de Minas Gerais.

As feições cársticas também têm sido descritas em formações rochosas compostas por rochas siliclásticas, como é o caso de arenitos, quartzitos ou gnaisses, que contêm muito quartzo (SiO_2), mineral que possui baixas taxas para dissolução em CNTP (condições normais de temperatura e pressão). Destacam-se os trabalhos realizados na Austrália, Venezuela, África do Sul e Inglaterra, em rochas que estão sob ou já sofreram a ação do clima quente e úmido (Jennings, 1983; Doerr, 1999; Wray, 2003). No Brasil, os estudos sobre carste em rochas quartzíticas foram desenvolvidos principalmente por Correa Netto *et alii* (1993) e Silva (2004), na serra da Mantiqueira, localmente denominada serra de Ibitipoca, ou ainda em trabalhos mais abrangentes sobre o tema (Auler, 2004). Vale ressaltar que os trabalhos acima indicados em áreas de rochas quartzíticas, tanto no Brasil como no exterior, centram seus objetivos na descrição de espeleotemas, formas e tamanhos de grutas ou cavernas, e também na discussão dos mecanismos de dissolução em rochas siliclásticas. Ainda é rarefeito o estudo dos processos geomorfológicos associados à origem e desenvolvimento das formas superficiais, assim como de suas relações com a evolução das encostas no contexto de bacias de drenagem.

O presente trabalho insere-se em um projeto de pesquisa que busca conhecer e explicar os processos cársticos associados à origem e evolução geomorfológica sob rochas quartzíticas, com atenção especial sobre os domínios de cabeceiras de drenagem e fundos de vales fluviais. Por ora apresentam-se os resultados dos estudos iniciais voltados ao reconhecimento e mapeamento das formas cársticas hipoteticamente relacionadas à origem e desenvolvimento dos vales de cabeceiras de drenagem e dos fundos de vales fluviais no domínio dos quartzitos do Grupo Andrelândia, particularmente no médio vale do rio Preto, afluente do rio Paraíba do Sul. Apresenta-se ainda uma primeira caracterização física dos regolitos nos domínios de cabeceiras e dos depósitos fluviais. Ressalta-se que este mapeamento vem ocorrendo em paralelo ao mapeamento geológico na escala 1: 25.000 da área de estudo (Avelar *et alii*, 2006). Desta forma, tenta-se reconhecer a relação entre o substrato geológico

em seus aspectos litológicos e estruturais e os processos de denudação química e mecânica associada ao desenvolvimento do modelado superficial no recorte espacial de bacias de drenagem.

2 Área de estudo

A Figura 1 indica a localização da bacia do rio Preto no médio vale do rio Paraíba do Sul, e da área específica deste estudo na sub-bacia do Ribeirão Santana ($21^{\circ}55'S/44^{\circ}L - 22^{\circ}05'S/43^{\circ}45'L$). Ressalta-se que esta sub-bacia apresenta inúmeras formas endocársticas e exocársticas, destacando-se cavernas, dolinas e relevos ruíniformes.

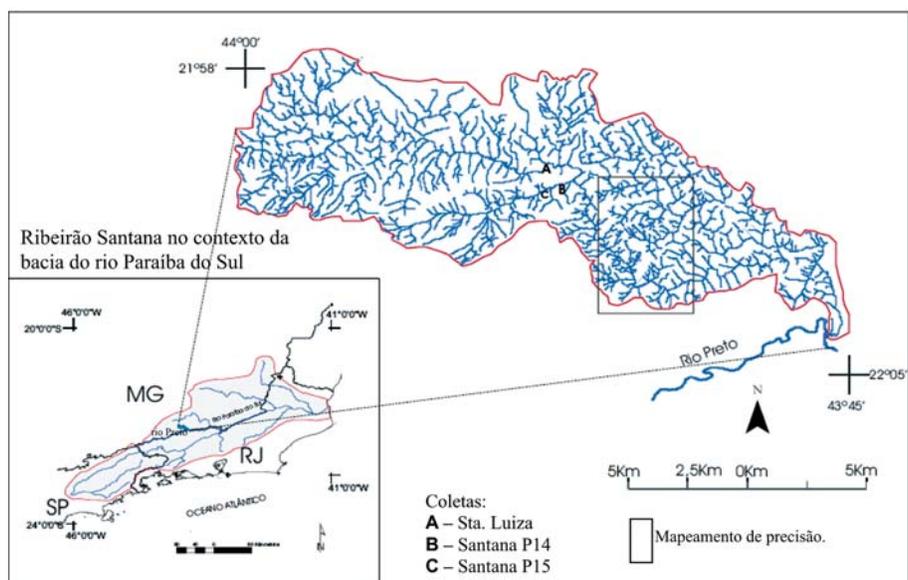


Figura 1 Localização da bacia do ribeirão Santana no contexto da bacia do rio Paraíba do Sul com detalhe para áreas de mapeamento e de coletas de solo.

No contexto regional a área de estudo situa-se no compartimento tectônico do Grupo Andrelandia, inserido no segmento central da Faixa Móvel Ribeira descrita por Heilbron (1995). Neste grupo são encontradas rochas metassedimentares de idade pré-cambriana. Localmente ocorre o quartzito grosseiro, quartzito fino e gnaiss bandado (Avelar *et alii*, no prelo).

De acordo com Silva (2003) a região está sob clima do tipo Tropical de Altitude Mesotérmico, com inverno frio e seco e verão chuvoso; a pluviosidade

média anual nas áreas abaixo de 1000 metros de altitude atinge 1500mm anuais, e nas áreas acima desta cota altimétrica está em torno dos 1700mm anuais. As temperaturas médias oscilam entre 12° a 15° nos meses mais frios e 18° a 22° nos meses mais quentes. O mesmo autor indica que a área está inserida no bioma da Mata Atlântica onde, originalmente, teria prevalecido uma vegetação do tipo Mata Ombrófila Densa e Mata Ombrófila Montana. Hoje, entretanto prevalece uma vegetação marcada por fragmentos florestais e extensas áreas coberta por gramíneas, com fundos de vale alagados, brejos e vegetação mais rarefeita nos afloramentos de sedimentos quartzíticos. Segundo informações obtidas com a prefeitura da cidade de Rio Preto, historicamente esta área foi utilizada para extração de madeiras e criação de gado leiteiro (atividade que se encontra em declínio), explicando, assim, a distribuição de pastagens com gramíneas.

3 Materiais e Métodos

Para subsidiar o mapeamento geomorfológico foi executado levantamento planialtimétrico em duas escalas: 1:10.000, para representar o conjunto fisiográfico da área de interesse, e 1: 500, para representar formas específicas das cabeceiras de drenagem. No primeiro caso optou-se pela restituição semi-automática com fotografias aéreas na escala 1:25.000, que contempla as fases de *orientação de modelos*, com georreferenciamento de precisão, utilizando-se GPS (*Global Position System*) diferencial de marca ASHTECH e a fase de *restituição* de informações vetoriais em ambiente *stereo* (3D), utilizando-se o software MAPSTATION (Mendonça, 2002).

Esta restituição gerou um modelo de área da bacia em escala 1:10 000 sobre o qual restituiu-se a rede de canais. O mapeamento geomorfológico foi realizado em ambiente 3D com revisão em campo, sendo identificadas: depressões fechadas e os vales de cabeceiras (ou concavidades), com e sem canal; também foram mapeados os depósitos na transição dos domínios de encostas para os fundos de vales fluviais. O levantamento em escala 1:500 foi executado com apoio de uma estação total, marca TRIMBLE, com georreferenciamento dos pontos amostrais de solo.

Visando o reconhecimento e uma primeira caracterização dos regolitos, selecionou-se uma depressão fechada e uma concavidade com canal, que se localizam em área indicada por um retângulo na figura 2, onde foram levantados alguns perfis de solo para fins de identificação das camadas com base nos levantamentos expeditos de granulometria e cor. Outras coletas de solo foram conduzidas em uma área próxima deste estudo, visando um primeiro reconhecimento dos aspectos granulométricos, morfológicos e mineralógicos dos depósitos de encosta na interface com os depósitos fluviais.

Depressões Fechadas em Relevo Cárstico-Quartzítico, Bacia do Ribeirão Santana,
Médio Vale do Rio Paraíba do Sul.

Rogério Uagoda; André de Souza Avelar & Ana Luiza Coelho Netto

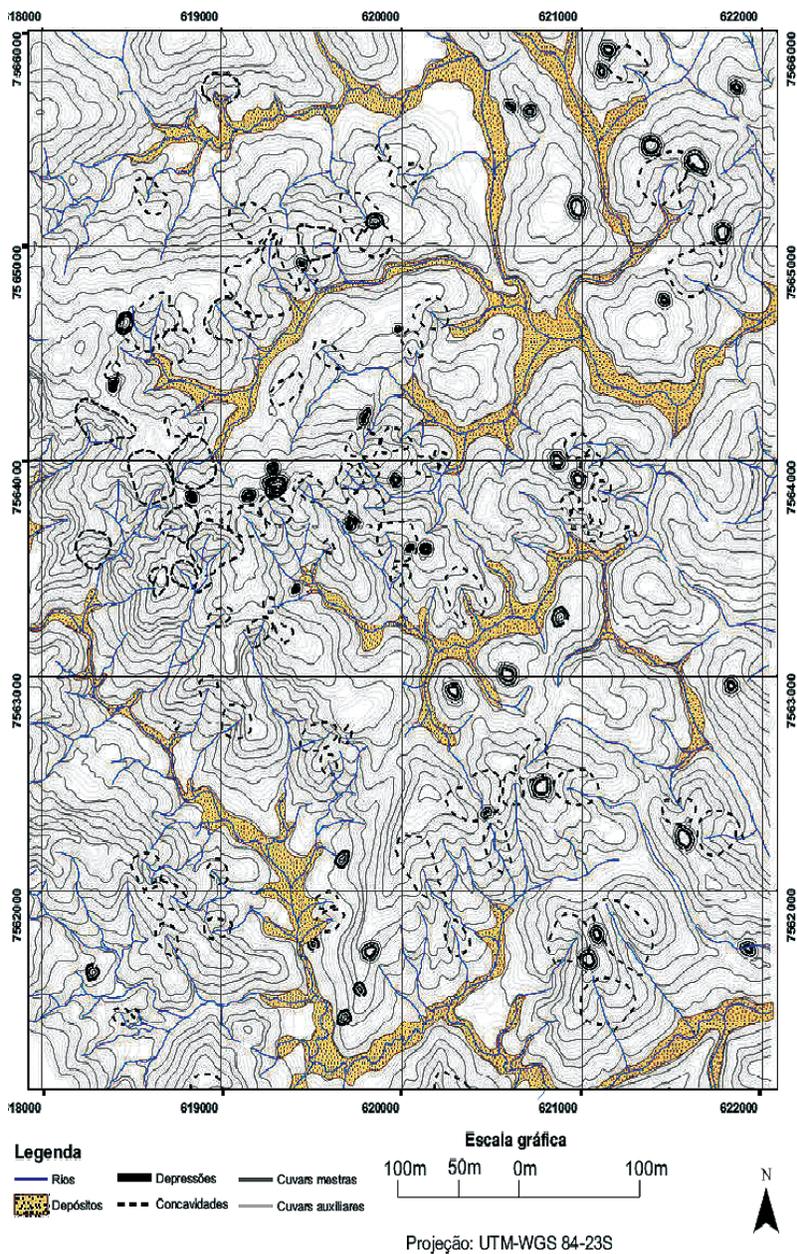


Figura 2 Carta planialtimétrica da área de estudo. Destacam-se as formas de depressões fechadas, concavidades suspensas e fundos de vales fluviais. Em detalhe (retângulo) áreas de amostragem para perfil de solo.

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); por ora apresenta-se uma primeira caracterização geral da textura destes materiais amostrados. A morfoscopia dos grãos foi identificada a partir da classificação proposta por Krumbein & Pettijohn (1938).

4 Resultados e Discussão

Na área de estudo (20km²) foram identificadas 41 depressões fechadas (2,05/km²) (Figura 2). Ressalta-se que as depressões situam-se nos divisores de águas e nas encostas das colinas convexo-retilíneas, especialmente nos topos altimétricos.

Durante os trabalhos de campo, realizados no início da estação seca (abril/2006), observou-se a ocorrência de pontos de exfiltração à jusante das cabeças de canais que drenam as concavidades. Após uma estiagem de uma quinzena, ocorreu um aumento considerável da descarga destes canais em resposta a um evento de chuva diário (somando 60 mm, segundo o sistema de meteorologia e recursos hídricos do Estado de Minas Gerais) com alternância de intensidade, durante o dia 18 de Abril de 2006. Após este evento de chuva observou-se a saturação dos solos no fundo das depressões fechadas.

Os perfis de solo amostrados ao longo do eixo longitudinal da depressão TD1 (Figuras 3, 4 e 5), evidenciam que o solo se desenvolveu em concordância com a topografia atual, sugerindo que sua formação é posterior à origem da depressão (Figura 5). Sobressai a ocorrência de duas camadas orgânicas no fundo da depressão: uma no topo do solo (camada 1) apresentando cor 10YR 3/2 e outra camada (5) a 4m de profundidade, que se apresenta relativamente mais úmida, com textura argilosa e presença de poucos grãos de quartzo lavados; a cor desta camada orgânica mais escura é 10YR 2.5/1. Observa-se que a camada 1 vai se tornando gradualmente mais clara à montante do fundo da depressão (cor 10 YR 5/3), tornando-se também menos agregada e menos úmida. Na encosta, abaixo desta camada encontra-se uma camada 2 de solo friável e seco de coloração amarelada 10YR 6/6, a qual se sotopõe uma camada 3 que é mais agregada, úmida, escura e argilosa de coloração 10YR 4/4. A jusante desta camada delimitou-se uma outra camada (4) por ser bastante úmida e acinzentada (10YR 4/6), com características de hidromorfia. Abaixo da camada 4 e também no fundo da depressão ocorre um material argiloso espesso e rico em matéria orgânica e mais escura (cor 10YR 2.5/1), com grãos de quartzo lavados, até uma profundidade de 3 a 4 metros, constituindo

Depressões Fechadas em Relevo Cárstico-Quartzítico, Bacia do Ribeirão Santana,
Médio Vale do Rio Paraíba do Sul.

Rogério Uagoda; André de Souza Avelar & Ana Luiza Coelho Netto

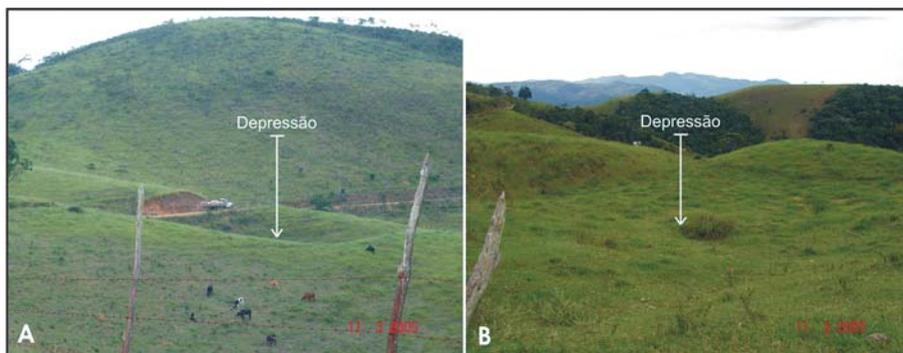


Figura 3 Depressão 1 (D1), em divisor do córrego dos Carneiros, tributário do Ribeirão Santana. (A) Depressão no contexto do divisor. (B) Foto interna da depressão.

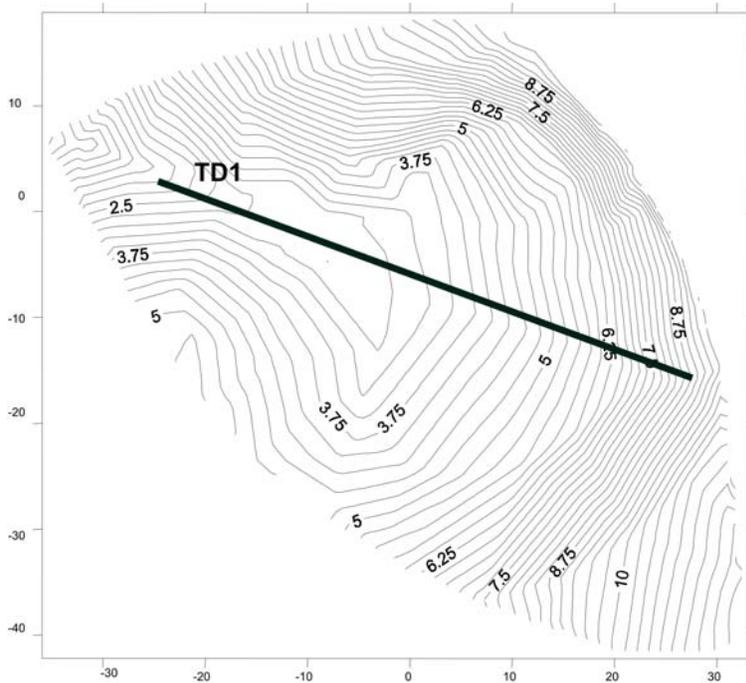


Figura 4 Topografia da Depressão 1 e localização do perfil de solo – TD1 – no eixo maior da depressão. Na porção mais baixa deste eixo o declive impede a saída de fluxos d' água superficiais.

Depressões Fechadas em Relevo Cárstico-Quartzítico, Bacia do Ribeirão Santana,
Médio Vale do Rio Paraíba do Sul.

Rogério Uagoda; André de Souza Avelar & Ana Luíza Coelho Netto

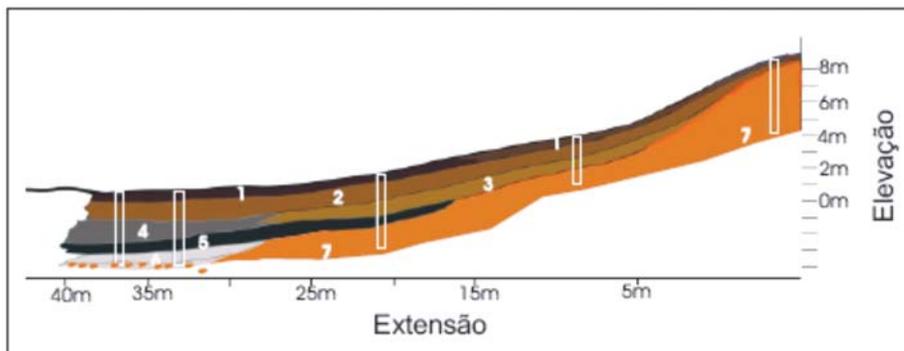


Figura 5 Perfil de solo no eixo principal da depressão fechada em estudo – TD1, com numeração relativa a cada camada e localização dos perfis de tradagem.

uma camada 5. Abaixo desta camada encontra-se uma outra camada (6) com coloração acinzentada (10YR 7/2) no fundo da depressão em solo arenoso, com grãos de quartzo mais grosseiros, que mescla com a coloração amarelo-avermelhado (5YR) indicando possivelmente uma zona de flutuação do lençol freático que atinge o fundo da depressão. Mais à montante esta camada torna-se um material amarelo-avermelhado (5YR) constituindo o que denominamos camada 7, mais siltosa e com grânulos de areia grossa bastante angulosos. Ressalta-se que na porção superior da depressão (topo) a camada orgânica (1) desenvolve-se diretamente sobre o saprolito (camada 7).

Vale destacar que outros autores também descreveram perfis hidromórficos em fundos de depressões similares: Filizola (1994) em sedimentos terciários quartzo-cauliniticos semi-consolidados da bacia de Taubaté, Pilo (1998) em embasamento xisto-calcáreo da bacia do rio das Velhas (Formação Sete Lagoas) e Castro & Coelho Netto (2003) em rochas metasedimentares do grupo Paraíba do Sul (biotita gnaiss). Filizola (1994), assim como as duas últimas autoras citadas, consideram que depressões em divisores poderiam estar associadas a mecanismos de subsidência geoquímica favorecidos por fluxos d'água em fraturamentos das rochas.

O reconhecimento dos materiais de encostas foi realizado em área próxima a este estudo na sub-bacia do córrego Luíza (Figura 6), englobando os seguintes domínios: P1 – planície de inundação; P2 e P3 – leque aluvial e P4 - depósito de encosta. Os resultados iniciais permitem apontar os seguintes aspectos: presença de camada orgânica em todas as posições amostrais, com teores crescentes entre o domínio das encostas e o domínio fluvial; predomínio da fração areia em todas as amostras, variando de 60% no domínio fluvial a mais de 80% nos domínios de encostas.

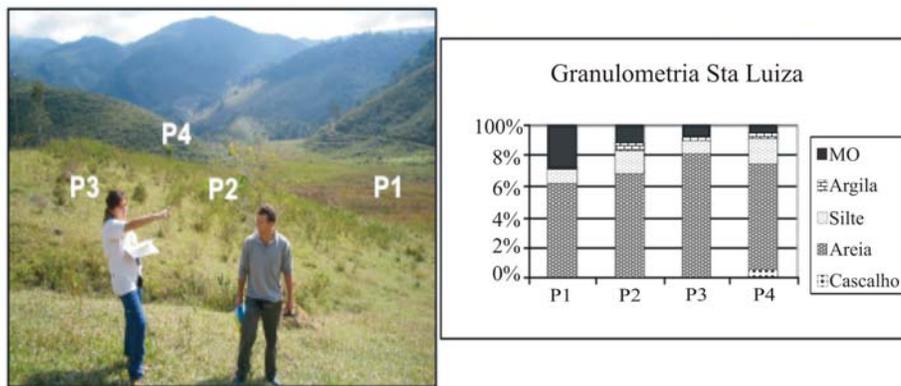


Figura 6 Análise granulométrica do Ribeirão Sta.Luiza, com localização dos pontos amostrais e respectivos gráficos.

Mais ao sul, no Ribeirão Santana do Funil, foram identificados pacotes relativos a depósitos de encosta em dois pontos de coleta: na primeira (figura 7) há predomínio da classe areia em todas as amostras com teores de cascalho, em torno de 7 a 10% em a2 e a3 e aumento das taxas de matéria orgânica em profundidade superior a dois metros em a4 e a5, em torno de 5%;

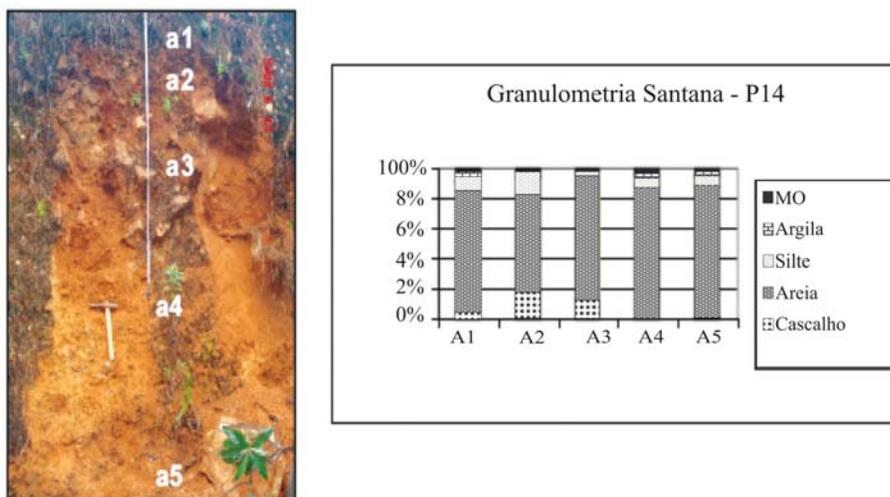


Figura 7 Análise granulométrica do Ribeirão Santana – P14, com localização dos pontos amostrais e respectivos gráficos.

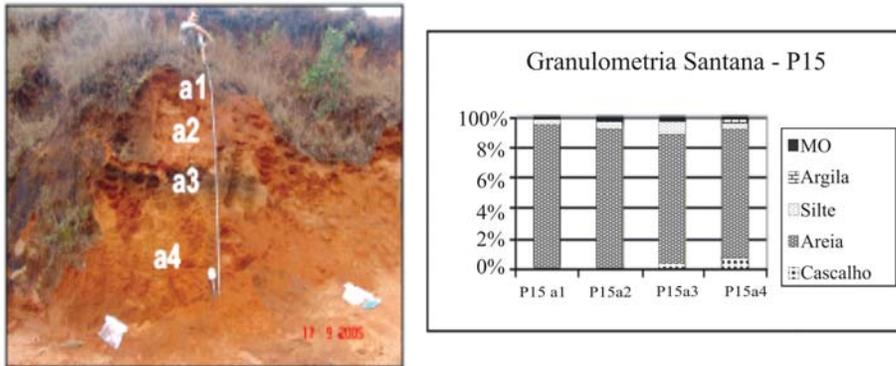


Figura 8 Análise granulométrica do Ribeirão Santana - P15, com localização dos pontos amostrais e respectivos gráficos.

(Figura 8), também ocorre maior teor da fração areia (+ 90%) destacando-se a identificação visual de solo mais escuro (a3) em 1,20 metros de profundidade, com teores de matéria orgânica em torno de 5%. Do topo para base, ainda na Figura 8, há aumento esperado dos teores de cascalho, em torno de 7% em a4, aparentemente próximo a matriz da rocha.

Há homogeneidade de classe para todas as amostras, variando de arenosa a franco arenosa, com baixos teores de silte e argila. Dados preliminares da análise de morfoscopia permitiram evidenciar que os grãos variam de pouco arredondados a angulosos e possuem uma textura superficial predominantemente sacaróide, indicando curtas distâncias de transporte em relação à fonte primária destes sedimentos.

Na área estudada são encontradas feições exocársticas, como torres e dolinas em divisores, feições endocársticas, como dutos e cavernas, e feições epicársticas, depósitos que preenchem os outros dois tipos de feições. Enquanto forma, as feições endo e exocársticas são similares a feições tipicamente geradas por processos de dissolução ácida em áreas cársticas de rochas carbonáticas, assim como as formas observadas no trabalho de Piló (1998). Além disso, o estudo da zona epicárstica nos depósitos que preenchem a depressão 1 (D1) pode indicar o rebaixamento do fundo da depressão, possivelmente por denudação geoquímica, com posterior soterramento de antiga camada de matéria orgânica, por processos físicos, devido ao gradiente crido pelo rebaixamento antecedente.

Os depósitos de fundo de vale demonstram baixos teores de argila, o que pode corroborar as deduções de Doerr (1999) para a evolução do carste

em rochas siliclásticas, no qual haveria a dissolução total do cimento de sílica amorfa e o desprendimento dos grãos de quartzo lavados, gerando depósitos quase que completamente constituídos por quartzo. Evidências de campo, porém, demonstram que nos quartzitos do Grupo Andrelândia, analisados neste trabalho, há pouca quantidade de sílica amorfa envolvendo os grãos de quartzo. Para este caso Doerr (1999), assim como Wray (2003), baseados em microscopia eletrônica de grãos, levantam a hipótese de que os próprios grãos de quartzo podem estar sofrendo dissolução em forma de ranhuras, feições geradas quando estes grãos são expostos a níveis básicos de pH. O aumento da área intemperizável a partir da formação das ranhuras possibilitaria tanto a partição dos grãos quanto sua desagregação.

Nos dois casos considerados seria necessário um grande aporte de água para carrear o material diluído ou desagregado, que seguiria parte do caminho através de dutos e outra parte através da própria encosta, para formar os depósitos de fundo de vale. Neste sentido, as baixas taxas de dissolução e as propriedades da rocha fonte não favorecem a acumulação de pacotes de sedimentos finos, que são carreados em solução, mas apenas a acumulação de grãos grossos, que são resíduos do processo de dissolução formados por cristais de quartzo.

5 Considerações Finais

São escassos ainda os trabalhos que abordam a evolução geomorfológica de relevos cársticos no quartzito. Neste sentido, depressões fechadas são formas exocársticas no relevo cárstico, portanto o conhecimento de sua evolução, poderá desvendar seu papel na formação da geomorfologia local e regional.

Os depósitos encontrados nestas formas e seus respectivos níveis hidromórficos soterrados, com concentrações de matéria orgânica, demonstram ter havido um período antecedente de estabilidade, que permitiu a acumulação de matéria orgânica. Nos domínios de transição das encostas para os fundos de vales fluviais não se observa diferenças significativas entre as classes granulométricas e morfoscópicas das amostras coletadas em depósitos, o que dificulta a identificação dos contatos entre os dois domínios. Vale ressaltar que a amostragem ainda foi mais de reconhecimento geral, devendo ser ampliada e sistematizada em futuro próximo, quando serão feitas as coletas adequadas aos procedimentos de datação das camadas orgânicas em diferentes domínios e posições topográficas. A expansão deste estudo geomorfológico também será melhor relacionado com outros estudos geológico-estruturais e hidro-geoquímicos de maior detalhe em desenvolvimento no Laboratório de Geo-Hidroecologia da UFRJ e integrados com outros pesquisadores afins ao tema central.

6 Referências

- Auler, A. 1995. Lakes as a speleogenic agent in the karst of Lagoa Santa, Brasil. *Cave and Karst Science*, 21(3): 105-110.
- Auler, A.S. 2004. Quartzite caves of South América. In: GUNN, J. (ed). *Encyclopedia of Caves and Karst Science*. Fitzroy Dearborn, London, p. 611-613.
- 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, Goiânia, GO, 2006, no prelo.
- 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, IV, *Anais*, Bananal/SP. 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. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 2: 69-100.
- Corrêa Neto, A.V.; Anísio, L.C.C. & Brandão, C.P. 1993. Um endocarste quartzítico na Serra do Ibitipoca, SE de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 7, *Anais*; p 83-86.
- Doerr, S.H. 1999. Karst-like landforms and hydrology in quartzites of the Venezuelan Guyana shield: Pseudokarst or “real” karst? *Zeitschrift fur Geomorphologie*, 43:1-17.
- Filizola, H. F. A & Boulet, R. 1994. 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 significant 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.
- Jennings, J.N. 1983. Sandstone pseudokarst or karst? In: Aspects of Australian Sandstone Landscapes Australian and New Zealand Geomorphology Group. *Special Publication, 1*: 21-30.
- Kohler, H.C. 1994. Geomorfologia cárstica. In: GUERRA, A.T. & CUNHA, S.B (org.) *Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos*, p. 309-334.

- Kohler, H.C. 1989. *Geomorfologia cárstica na região de Lagoa Santa/MG*. Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 112p.
- Krumbein, W.C. & Pettijohn, F.J. 1938. *Manual of sedimentary petrography*. Appleton-Century-Crofts, Inc. New York. 549 p.
- Mendonça, J. M.G. 2002. *Estratégias para Geração Semi-Automática de Modelos Digitais do Terreno Visando seu Emprego no Mapeamento Sistemático*. Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 154p.
- Munsell, 1971. Soil Color Charts. Munsell color company, Inc. Baltimore.
- Piló, L.B. 1998. *Morfologia cárstica e materiais constituintes: Dinâmica e evolução da Depressão Poligonal Macacos-Baú - Carste de Lagoa Santa, Minas Gerais*. Programa de Pós Graduação em Geografia Física, Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado, 269p.
- Silva, S.M. 2004. *Carstificação em Rochas Siliciclásticas: Estudo de caso na Serra do Ibitipoca, Minas Gerais*, Programa de Pós Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado, 142p.
- Wray, R.A.L. 2003. Quartzite dissolution: karst or pseudokarst? *Cave and Karst Science*, 24: 81-86.