

Mapeamento de anomalias de drenagem: indícios de controle litológico e estrutural na bacia hidrográfica do Cotia, em Cotia – SP, Brasil

Drainage anomalies mapping: evidences of lithological and structural control in Cotia's river drainage basin in Cotia-SP, south-eastern Brazil

Katiúcia de Sousa-Silva^{ac}, Déborah de Oliveira^{bd}

^aGraduação em Geografia, Universidade de São Paulo, Bolsista FAPESP, ^bDepartamento de Geografia, Universidade de São Paulo

^ckatiucia_sousa@hotmail.com, ^ddebolive@usp.br

RESUMO

Este trabalho busca analisar o cenário geomorfológico da bacia hidrográfica do Cotia, em Cotia (SP). O objetivo da pesquisa é a investigação da configuração da rede de drenagem do alto curso do rio em questão, localizado na Reserva Florestal do Morro Grande (RFMG), no qual são encontradas anomalias de drenagem, com destaque para uma sequência de inflexões de 90° no canal. A área de estudo está inserida regionalmente no planalto de Ibiúna, um compartimento geomorfológico constituído por morros e espigões alongados de média a alta declividade, com altitudes que variam de 860 a 1.075 metros. Essa unidade é composta por granitos, gnaisses e migmatitos neoproterozóicos, os quais poderiam indicar a influência de sistemas de juntas no traçado da drenagem. Além da influência litológica como potencial controlador dessa rede, há o fator estrutural, expresso pela ocorrência de falhas transcorrentes, integrantes da Zona de Cisalhamento de Caucaia, que atravessam o Cotia em direção NE-SW. Como métodos de investigação da área, foram adotadas técnicas de fotointerpretação e mapeamento digital (em escalas 1:25.000 e 1:50.000, respectivamente), com o intuito de identificar feições geomorfológicas que contribuam para a compreensão dos processos envolvidos na configuração atual dessa rede de drenagem.

Palavras-chave: Anomalias de drenagem; Fotointerpretação; Captura de drenagem.

ABSTRACT

This paper examines the geomorphological setting of the Cotia's drainage basin, in Cotia (São Paulo state). The purpose of this investigation is study the evolution of the drainage network of Cotia's high course, located at Reserva Florestal do Morro Grande (RFMG), where anomalies of the drainage are found, with a sequence of inflexions of 90 degrees in the channel. The study area is regionally inserted at Ibiúna's plateau, a geomorphological compartment represented by elongated hills of medium and high declivities, with heights between 860 to 1075 meters. This unit is composed by neoproterozoic granites and migmatites, that can indicate the influence of joint systems on the drainage pattern. Beside the lithological influence like a potential control of this net, there is the structural factor, expressed by the existence of faults, integrated to the Caucaia Fault Zone, which cross the river in direction NE-SW. As investigation methods, air-photo interpretation and digital mapping was adopted (in scales 1:25000 and 1:50000, respectively), with the intention of identifying geomorphological features that contribute with the understanding of the involved process in the present configuration of this drainage net.

Keywords: Drainage anomalies; Air-photo interpretation; River capture.

1. Introdução e objetivos

O arranjo dos sistemas fluviais, de acordo com influências litoestruturais e hidrológicas, configura um complexo conjunto de padrões de drenagem e formas derivadas do escoamento fluvial, tais como nascentes, anfiteatros, rupturas de declive, terraços fluviais, vales entalhados, entre outras. Como produto de

condições climáticas, geológicas e pedológicas específicas, a erosão atua como fator modelador da paisagem, à medida que define novas formas do relevo, seja por retirada ou acumulação de material. Fenômenos como desvios do fluxo do rio e capturas fluviais podem ser resultado da concorrência entre duas bacias hidrográficas (Bishop 1995, Small 1977), modificando o equilíbrio dinâmico de um sistema fluvial.

Na bacia hidrográfica do Cotia – cuja nascente localiza-se no sul da Reserva Florestal do Morro Grande (RFMG), em Cotia/SP (figura 1), nota-se o desenvolvimento de feições

geomorfológicas particulares e anomalias de drenagem, que indicam que o rio em questão pode ter sido alvo de uma captura fluvial e seu traçado condicionado por um sistema de juntas.

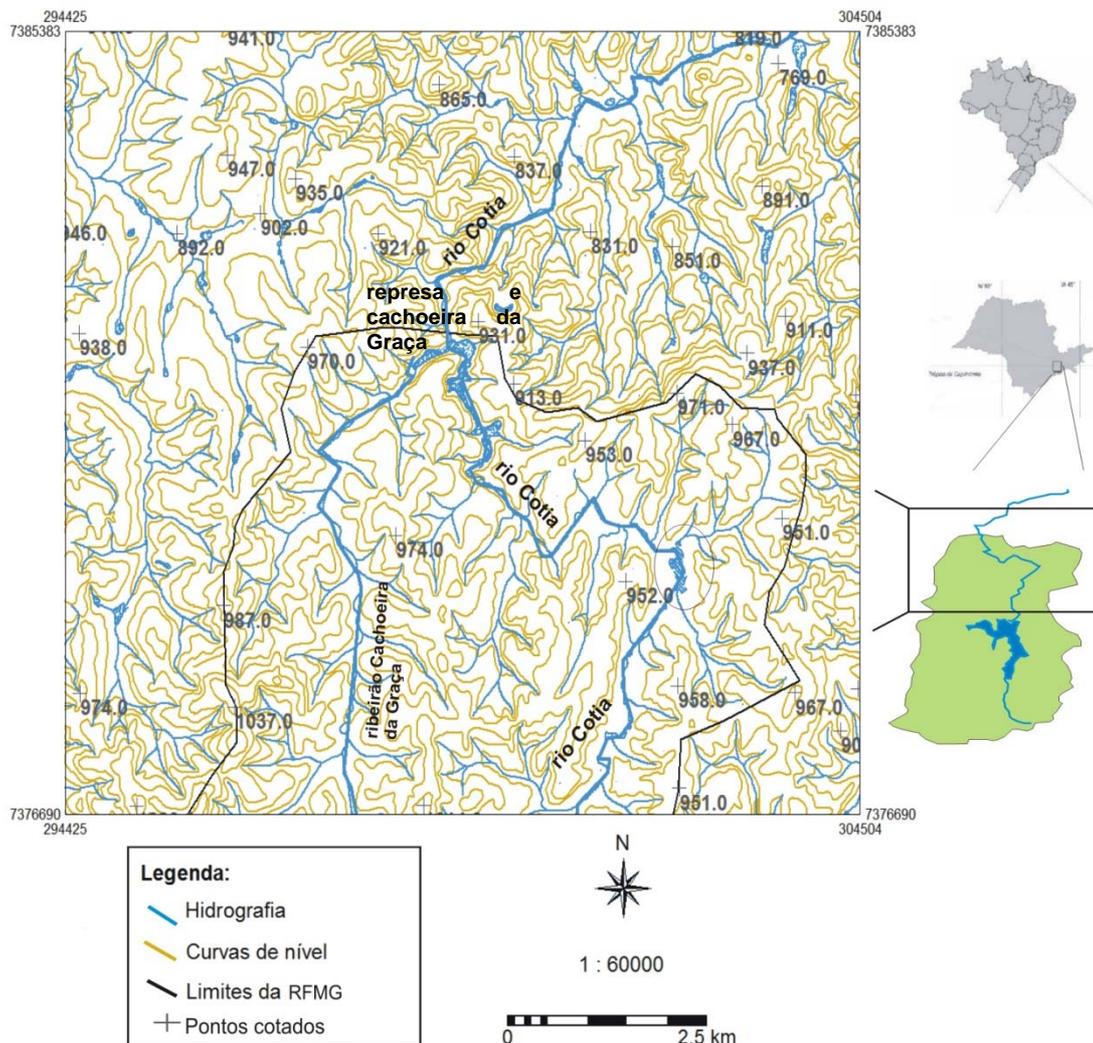


Figura 1: Localização da área de estudo e carta topográfica da área de detalhamento (norte da RFMG)

No interior da Reserva Florestal do Morro Grande (ou seja, na área de detalhamento), o Cotia percorre aproximadamente 28 km, sendo barrado por duas represas que atuam como níveis de base locais: a represa Pedro Beicht e a represa da Graça. Neste trecho, o rio apresenta algumas anomalias de drenagem, representadas, notadamente, por inflexões de aproximadamente 90° no leito, as quais ocorrem em sequência, especialmente ao norte da RFMG. Ao longo de 51 km, o rio Cotia apresenta diversas curvas e ângulos, que implicam na mudança direcional do rio.

O mapeamento das feições geomorfológicas da face norte da RFMG visa – por meio da análise conjunta de Modelos Digitais de Elevação (MDE) produzidos por softwares de

Sistemas de Informação Geográfica (SIG's) e da fotointerpretação – identificar e interpretar a configuração da rede de drenagem. Assim, este estudo pode ser um subsídio para o entendimento da drenagem regional, bem como para a compreensão da dinâmica e manutenção do equilíbrio deste sistema fluvial.

2. Geologia e geomorfologia regional

Em escala regional, a bacia hidrográfica do Cotia se enquadra em três grandes compartimentos que se complementam no fator gênese. Inicialmente, a área situa-se imediatamente a oeste do Rift Continental do Sudeste do Brasil (Riccomini 1989). Esse rift é uma depressão tectônica de idade cenozóica

paralela à costa, com direção NE-SW, que se desenvolveu sobre diversas suítes graníticas intrusivas de idade neoproterozóica e rochas metamórficas de baixo a médio grau (como gnaisses e migmatitos), de idade arqueana a proterozóica (Riccomini *et al.* 2004). Sua origem se deve à sucessão de movimentos transpressionais vinculados à evolução da margem continental atlântica e se expressa pelo desenvolvimento de falhas normais no Paleógeno e transcorrentes no Neógeno. Logo, houve reativação tectônica de uma trama de zonas de cisalhamento dúcteis ativas até o final do Ciclo Brasileiro, no Cambro-Ordoviciano. Como reflexo dessa movimentação, a bacia de São Paulo foi retalhada por falhas pós-sedimentares, o que implicou em abatimentos locais do substrato e soerguimentos.

Sob outra perspectiva, a área de estudo se insere na Superfície de Aplanamento Japi, um importante elemento balizador de correlação regional e evidência da erosão generalizada até o Cretáceo-Paleoceno. Quando não deformada, encontra-se em altitudes de aproximadamente 1.200 metros, como no caso da área da Reserva Florestal do Morro Grande (RFMG). Considerada como de idade eocênica, supõe-se que tal superfície tenha existido anteriormente à subsidência tectônica do segmento central do Rift Continental do Sudeste do Brasil.

No interior dos compartimentos citados, está o planalto de Ibiúna, unidade geomorfológica componente do planalto Ocidental, que é caracterizada por Almeida (1964) como uma unidade "(...) dominada quase inteiramente pela Superfície Japi não deformada, apresenta-se como um planalto maturamente dissecado". Limita-se a norte com a Serra de Taxaquara e a leste com o planalto Paulistano.

3. Geologia e geomorfologia local

O mapa geológico da EMLASA (1984, figura 2, em escala 1:50.000), destaca o predomínio, no interior da RFGM, de migmatitos a gnaisses graníticos, com ocorrências de gnaisses miloníticos em zonas de movimentação tectônica intensificada. No oeste da Reserva Florestal do Morro Grande, predominam os granitos e granodioritos normais ou em parte gnáissicos. Já, na borda sul e oeste da reserva, são encontrados granitos a granodioritos normais ou em parte gnáissicos, equigranulares ou porfiróides. Além disso, há aluviões ao longo dos canais fluviais e uma pequena mancha de filitos e metasiltitos no sul da Represa Pedro Beicht. As falhas presentes na RFGM têm direção NE-SW, sendo uma delas a falha de Caucaia, Zona de Cisalhamento de Caucaia. De acordo com Hasui (1975), os Falhamentos de Caucaia seriam transcorrentes e

evidenciados pela ocorrência de milonitos, protomilonitos e ultramilonitos.

Quanto à geomorfologia, o alto curso do rio Cotia localiza-se no setor oriental do planalto de Ibiúna. Na RFGM, esse compartimento caracteriza-se por predominância de declividades acima de 15% e interflúvios sem orientação preferencial, topos angulosos a achatados, vertentes ravinadas com perfis retilíneos, drenagem de média a alta densidade, padrão dendrítico e vales fechados (IPT 1981b). Na nascente do rio Cotia (sul da reserva), há um relevo de transição, onde predominam Escarpas Festonadas, com declividades acima de 30%, e desfeitas em anfiteatros separados por espigões, topos angulosos e vertentes com perfis retilíneos (IPT 1981a), que se limitam com a Serra de Paranapiacaba. Próximo ao limite norte da RFGM, o rio Cotia se insere na área de Morros com Serras Restritas, caracterizados por topos arredondados e vertentes de perfis retilíneos com médias a altas declividades, os quais são considerados formas raras em áreas fora da Bacia Sedimentar do Paraná (IPT 1981b).

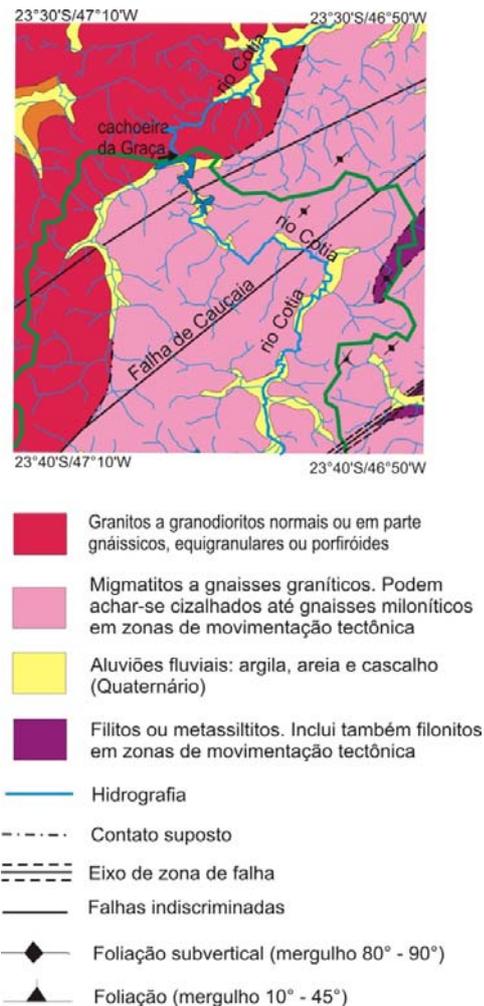


Figura 2: Detalhe da carta geológica da EMLASA (1984), destacando o setor norte da RFGM (em verde). Escala 1:35.000. Norte para cima.

4. Métodos

Para desenvolver uma síntese interpretativa a respeito da configuração da paisagem na bacia hidrográfica em questão, este trabalho adotou o mapeamento de elementos geomorfológicos, por meio da interpretação de fotos aéreas em escala 1:25.000. A fotointerpretação foi dividida em dois componentes: a extração da hidrografia e a identificação das feições geomorfológicas, com o intuito de mapear anomalias de drenagem e relevo (tais como inflexões no canal, bacias assimétricas, facetas triangulares e trapezoidais e lineamentos) que fornecessem indícios da interação entre litologia e estrutura na constituição geomorfológica local.

A elaboração de cartas temáticas em SIG, com base cartográfica, em escala 1:50.000, permitiu a visualização de compartimentos geomorfológicos, bem como orientou as observações feitas em trabalhos de campo. Estes últimos foram essenciais ao reconhecimento de formas de relevo salientadas pelas cartas digitais e pela fotointerpretação.

5. Resultados

5.1. Modelo Tridimensional

O contato geomorfológico entre o planalto de Ibiúna e o planalto Paulistano (figura 3) é expresso por um desnível altimétrico de cerca de 90 metros (o planalto de Ibiúna está no nível mais alto), que, por sua vez, poderia ser um degrau erosivo formado pela expansão da bacia de drenagem do rio Tietê, como sugerido por Almeida (1964).

No planalto de Ibiúna, localiza-se o alto curso do rio Cotia, embasado no intervalo altimétrico de 980 a 930 metros. O rio possui, neste trecho, orientação preferencial N-S e passa a NW-SE no trecho onde ocorrem inflexões no canal. Após a cachoeira da Graça, importante *knickpoint* adjacente à represa da Graça, o rio Cotia deixa seu compartimento geomorfológico de origem, e seu fluxo direciona-se para o rio Tietê (ou seja, NE) – ao contrário dos outros rios situados no planalto de Ibiúna, que contribuem com a bacia do rio Sorocaba-Mirim (direcionados para W). A cachoeira da Graça poderia ter o ponto de captura fluvial do rio Cotia movido pela erosão diferencial, pois nessa área ocorre o contato entre dois embasamentos litológicos distintos (granitos/granodioritos e gnaisses/migmatitos, figura 2).

A ocorrência de lineamentos topográficos positivos, observados no Modelo Tridimensional, reflete parte da Zona de Cisalhamento de Caucaia, que possui marcante destaque altimétrico no planalto Paulistano, mas assume feições mais suaves no interior do planalto de Ibiúna. Tais lineamentos têm direção predominante NE-SW, relacionando-se com a posição do médio e baixo vale do rio Cotia e com a direção predominante do Rift Continental do Sudeste do Brasil. A falha mais importante desta zona de cisalhamento, denominada falha de Caucaia e caracterizada como transcorrente dextral por Hasui (1973), atravessa o alto curso do rio Cotia no limite norte da RFMG. Neste local, localiza-se uma sequência de inflexões abruptas, objetos deste estudo. A falha em questão prolonga-se até a Falha de Taxaquara, onde está encaixada parte do vale do Tietê.

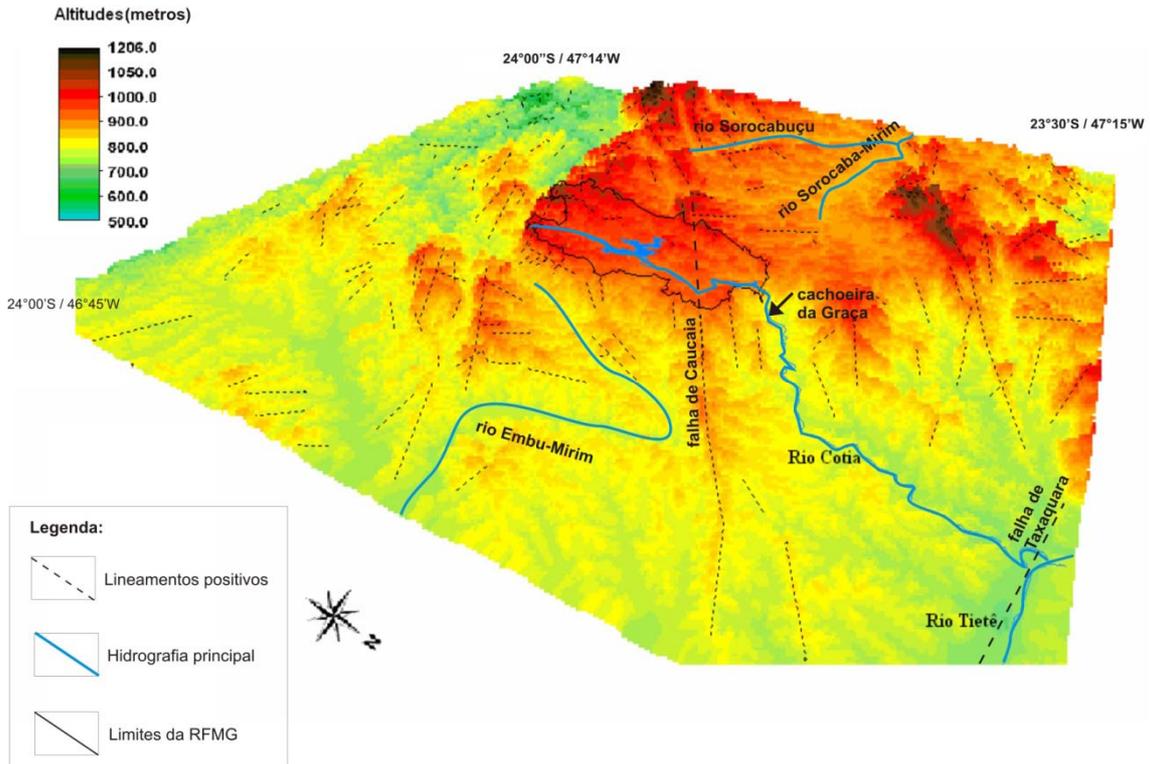


Figura 3: Modelo tridimensional regional da área de estudo. O rio Cotia está representado em toda a sua extensão, da nascente (no interior da Reserva Florestal do Morro Grande) até o rio Tietê. O bloco soerguido, em vermelho e laranja, corresponde ao planalto de Ibiúna, enquanto a área mais rebaixada, predominantemente em amarelo e verde, representa o planalto Paulistano. Notar o anfiteatro próximo à cachoeira da Graça, que teria sido formado pela erosão mais agressiva de afluentes do rio Tietê. Base cartográfica: IBGE, 1984, escala 1:50.000

5.2. Fotointerpretação

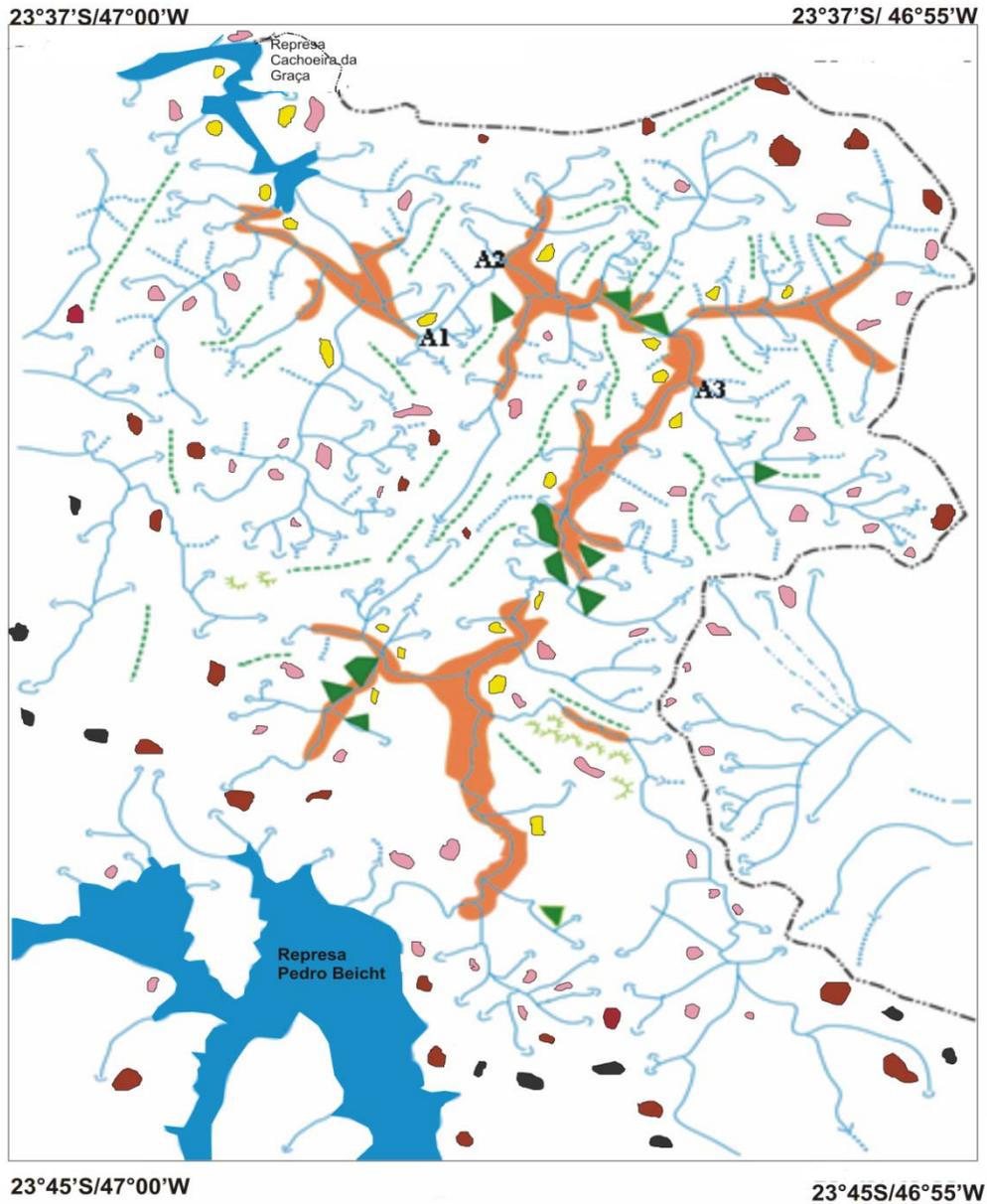
O esboço morfológico (figura 4) feito por meio da fotointerpretação, sobre a área de detalhamento (centro e norte da RFMG), resultou em alguns apontamentos acerca da rede de drenagem e da geomorfologia local.

O padrão de drenagem da bacia hidrográfica do Cotia, no interior da RFMG, é predominantemente dendrítico. Nota-se também que o rio Cotia assume caráter retilíneo e, nos segmentos relativos às três curvas localizadas neste curso d'água (identificadas como A1, A2 e A3 na figura 4), a drenagem passa a ter um padrão ortogonal, o que se reflete também nas confluências de canais de 2ª e 3ª ordens com o rio Cotia. Além disso, esta bacia é assimétrica,

com maior número de tributários na margem direita, em contraposição à margem esquerda.

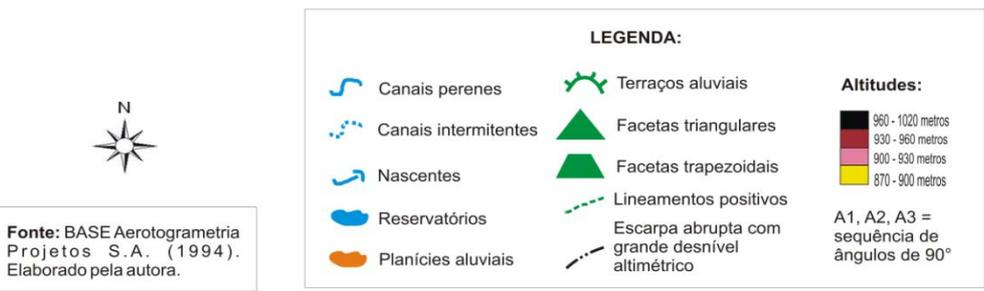
Há ocorrências de largas planícies fluviais distribuídas descontinuamente ao longo do rio Cotia. Isto sugere, como também observa Luz (2007), a existência de várias rupturas de declive que podem ter sido geradas por pequenos soerguimentos e basculamentos (bem como facetas triangulares e trapezoidais aparecem ao longo do rio Cotia e de outros canais). Essa ponderação se aplica principalmente no trecho entre as inflexões A2 e A3, onde se nota, na fotoanálise, da planície fluvial. Em campo, foi detectada a presença de corredeiras neste setor, além de rupturas de declive com diferença altimétrica de 0,10 a 0,50 metros, com exposição do embasamento litológico.

Fotoanálise da Reserva Florestal do Morro Grande



23°45'S/47°00'W

23°45'S/46°55'W



Fonte: BASE Aerogrametria Projetos S.A. (1994). Elaborado pela autora.

Figura 4: Fotoanálise do setor norte e central da Reserva Florestal do Morro Grande. Ao norte, notam-se três inflexões abruptas no leito, identificadas por A1, A2 e A3. A nascente do rio Cotia situa-se a montante da represa Pedro Beicht (sul da RFMG). Fonte: BASE, 1994, escala 1:25.000

A distribuição de lineamentos topográficos positivos no interior da Reserva Florestal do Morro Grande ocorre preferencialmente na

direção NNE-SSW, sendo seguida por N-S e NNW-SSE. Essa tendência direcional pode ser o reflexo, na paisagem geomorfológica, dos

dobramentos e falhamentos ocorridos na área em função de movimentos transpressionais relacionados à abertura do Atlântico (figura 5).

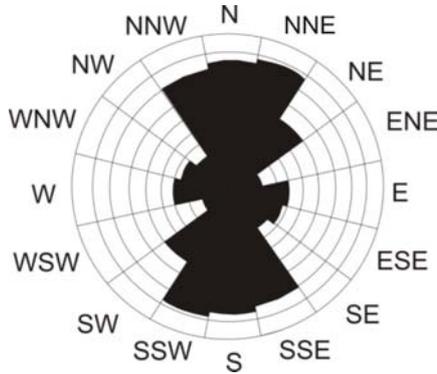


Figura 5: Diagrama de rosetas, indicando a tendência direcional dos lineamentos positivos no interior da Reserva Florestal do Morro Grande

Em trabalho de campo realizado na área, foi possível localizar um dos ângulos retos no leito do Cotia (figura 6), o qual é identificado como “A1” no esboço morfológico. Neste trecho, o canal do rio é bem encaixado no substrato, como sugere o desnível entre a margem e a lâmina d’água (cerca de 0,8 metro). No setor a



Figura 6: Visão panorâmica de uma anomalia de drenagem expressa por um ângulo de aproximadamente 90°, no leito do rio Cotia (linha tracejada azul). Esta anomalia, identificada como A1 no esboço morfológico, integra uma sequência de inflexões abruptas no curso deste rio. Fotografado pela autora.

6. Conclusão

A análise da rede de drenagem e das feições geomorfológicas leva ao esboço de algumas proposições: a) o embasamento litológico da área, de composição predominantemente gnáissico-migmatítica, acentua a influência do sistema de juntas e intemperização de bandamentos no traçado da drenagem, especialmente no trecho marcado por inflexões no canal do rio Cotia, as quais possuem padrão local ortogonal; b) a transição entre os embasamentos de granitos/granodioritos e gnáisses/migmatitos é marcada por uma ruptura

montante desta anomalia, existem pequenos *knickpoints*, ou rupturas de declive, os quais são geradores de corredeiras e trechos encachoeirados. Relacionando este dado com a fotointerpretação, nota-se que no setor em questão há uma interrupção da planície fluvial do rio Cotia, o que indica que este segmento pode ter sido alvo de pequenos e lentos soerguimentos, que permitiram que o rio permanecesse em seu curso, mas com uma nova configuração no leito.

Um possível vale seco também foi localizado em campo. O local, intitulado por Almeida (1958) como “banhado do Tijuco Preto” e tomado pelo mesmo como um antigo vale do rio Cotia, situa-se entre duas vertentes, com nível freático aflorante, mas sem nenhum canal que tenha entalhado aquela área. O solo escuro (2,5N ou *Black*, segundo a escala Munsell 1994) e profundo (0,9 metro de material com coloração 2,5N e argiloso), distinto dos cambissolos característicos da região (Luz 2007) seria mais um indício de uma possível captura fluvial.

de declive (cachoeira da Graça) e um ângulo abrupto no rio Cotia. Sugere-se que estas formas são resultado de uma captura fluvial, de acordo com a proposta de Small (1977); c) a ocorrência de facetas triangulares e trapezoidais podem ser atribuídas à erosão fluvial, mas também ao desenvolvimento de pequenas escarpas originadas por falhas transcorrentes (Gontijo 1999). Esse fato é possível, em razão de a Reserva Florestal do Morro Grande ser transpassada por falhas em direção NE-SW, que compõem a Zona de Cisalhamento de Caucaia (EMPLASA 1984); d) rupturas de declive e corredeiras podem ter sido originadas por soerguimentos lentos e localizados, como

produto de acomodações do substrato a possíveis movimentos de controle estrutural.

Sugere-se então que a origem das inflexões no rio Cotia, de acordo com os resultados adquiridos, podem ter sua gênese ligada tanto ao controle litológico – em função do embasamento granítico – quanto ao controle estrutural, devido à localização da área em plena zona de cisalhamento. Já, a inflexão da cachoeira da Graça, onde supõe-se que tenha sido o ponto de captura do rio Cotia, teria sido gerada pela erosão diferencial entre dois contatos litológicos, acentuada pela diferença de declividade entre o planalto Paulistano e planalto de Ibiúna e consequente ampliação do potencial de energia de entalhamento das nascentes do rio Tietê, situadas em nível de base mais baixo.

Agradecimentos

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro e ao Laboratório de Aerofotogeografia e Sensoriamento Remoto (LASERE) do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo (USP), pelo suporte técnico.

Referências Bibliográficas

- Almeida F. F. M. de. 1964. Fundamentos geológicos do relevo paulista. Boletim do Instituto Geográfico e Geológico, vol.1: 167-273.
- Almeida F.F.M. de. 1958. O Planalto Paulistano. In: Azevedo A. de. A cidade de São Paulo, vol. 1: 113-168. Companhia Editora Nacional, São Paulo.
- Base Aerofotogrametria e Projetos S.A. 1994. Obra 550. Foto aérea. Escala 1:25.0000, São Paulo, Fx 03, n.34, 35, 36, 37 e 38.
- Bishop P. 1995. Drainage rearrangement by river capture, beheading and diversion. Progress in Physical Geography, 19(4): 449-473.
- Empresa Paulista de Planejamento Urbano S.A. (EMPLASA). 1984. Carta geológica da Região Metropolitana de São Paulo. Folhas: Osasco e Embu-Guaçu. São Paulo, escala 1:50000.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 1984. Cartas topográficas: Folhas Osasco, São Roque, Jujutiba e Embu-Guaçu. São Paulo. Escala: 1.50.000.
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A (IPT). 1981b. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Série Monografias nº5. 2 vol. 94 p., São Paulo, escala 1:1.000.000.
- Gontijo A.H.F. 1999. Morfotectônica do médio vale do rio Paraíba do Sul: região da serra da Bocaina, Estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Estadual de São Paulo – Campus Rio Claro. 259p.
- Hasui Y. 1973. Tectônica da área das folhas de São Roque e Pilar do Sul. Tese de Livre Docência, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 190p.
- Hasui Y. 1975. Geologia da folha de São Roque. Boletim IG-USP, 6: 157-183.
- Lopez-Vergara M.L. 1978. Manual de fotogeología. Servicio de Publicaciones de la Junta de Energía Nuclear, Madrid.
- Luz R. A. 2007. Os solos do setor nordeste da Reserva Florestal do Morro Grande e a sua relação com os compartimentos do relevo. Trabalho de Graduação Individual. Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. 139p.
- Munsell. 1994. Soil color charts. Kollmorgen Instruments – MacBeth Division, New Winson.
- Riccomini C. O. 1989. Rift Continental do Sudeste do Brasil. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 256p.
- Riccomini C., Sant'anna L.C., Ferrari A.L. 2004. Evolução geológica do Rift Continental do Sudeste do Brasil. In: Mantesso-Neto V., Bartorelli A., Carneiro C.D.R., Brito-Neves B.B. (org.) Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flavio Marques de Almeida. Beca Produções Culturais, São Paulo, 385-405p.
- Small R.J. 1977. The study of landforms. Cambridge University Press, Cambridge.

Recebido 28 de abril de 2009
Aceito 18 de novembro de 2009