

EVOLUÇÃO DA PAISAGEM DO PLANALTO SUL DE MINAS CORRELAÇÕES ENTRE ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA REDE DE DRENAGEM E TERMOCRONOLOGIA POR TRAÇOS DE FISSÃO EM APATITAS

¹Carolina Doranti-Tiritan, ²Peter Christian Hackspacher, ³Henrique Corrêa Lima, ⁴Daniel Henrique de Souza, ⁴Kaique Tomazine Rosante.

RESUMO

O presente trabalho buscou através correlação de dados da análise morfométrica da rede de drenagem e análise por Traços de Fissão em Apatitas (TFA) ter evidências de condicionamento tectônico na rede de drenagem. As técnicas utilizadas foram o Perfil Longitudinal e os Índices Relação Declividade x Extensão do Canal, aplicados aos principais rios da região Sul de Minas Gerais, nas proximidades das cidades de Poços de Caldas, Caldas e Machado. Os dados obtidos permitiram verificar que algumas drenagens estão encaixadas em lineamentos NE-SW, possuindo um baixo valor de RDE e um perfil longitudinal equilibrado, enquanto outras estão sendo cortadas por lineamentos NW-SE, apresentando os maiores índices RDEs e perfis longitudinais longe do equilíbrio, mostrando trechos que podem ter sofrido soerguimento. As idades de TFA indicam que a região registra os dois principais eventos do sudeste, ou seja, a abertura do Oceano Atlântico e o Magmatismo Alcalino de Poços de Caldas e a correlação entre os dados indicam que as drenagens mais antigas se reajustaram e outras foram formadas após esses períodos.

Palavras chave: Análise morfométrica, rede de drenagem, Traços de Fissão em Apatitas.

ABSTRACT

The present work by correlating data from morphometric analysis of drainage network and analysis of fission tracks in apatite (AFT) had the aim to find evidence of tectonic conditioning in the drainage network. The techniques used were the Longitudinal Profile and Stream Length Index, applied to the main rivers in southern Minas Gerais, near the city of Poços de Caldas, Caldas and Machado. The data obtained showed that some drainages are rooted in NE-SW lineaments, having a low value of RDE and a longitudinal profile balanced, while others are being cut by NW-SE lineaments, with higher rates RDEs and longitudinal profiles far from equilibrium showing the areas which could have affected by tectonic uplift. TFA ages indicate that the region registers the two main events of the southeast, ie the opening of the Atlantic Ocean and Alkaline Magmatism of Poços de Caldas and the correlation between data indicate that older drainages been adjusted and others were formed after these periods.

Keywords: Morphometric analysis, drainage system, structural geomorphology, Apatite Fission Track Dating.

INTRODUÇÃO

Índices geomórficos foram desenvolvidos na tentativa de identificar áreas que sofreram deformações tectônicas (Keller, 1986; Keller & Pinter, 1996; Troiani & Della Seta, 2008). Esses índices são considerados geomorfológicamente úteis nos estudos tectônicos, pois fornecem uma rápida estimativa em uma escala regional, podendo ser obtidas através de mapas topográficos ou fotos aéreas (Strahler, 1952).

¹Pós-graduação em Geologia Regional UNESP-Rio Claro; cadoranti@gmail.com

²Professor Titular do Departamento de Petrologia e Metalogenia UNESP-Rio Claro;

³Bacharel em Geografia pela UNESP-Rio Claro

⁴Graduação em Geografia UNESP-Rio Claro

Av. 30JSP 2085, apto 732 Jd São Paulo-13503-014 Rio Claro-SP

No presente trabalho foram utilizadas técnicas como o Índice Relação-Declividade-Extensão do canal (RDE) e o estudo dos Perfis Longitudinais dos canais fluviais, aplicados em algumas bacias de drenagem localizadas em regiões planálticas do sudoeste do Planalto Sul de Minas e norte da Zona Cristalina do Norte (Cavalcanti et al 1979), que foram correlacionados com dados de idade e histórias térmicas obtidas pela análise de traços de fissão em apatitas existentes na região.

A região do Planalto Sul de Minas no sudeste do Brasil é caracterizada principalmente pelos seus planaltos elevados sustentados por rochas cristalinas do Pré-Cambriano e Cambro-Ordoviciano cortados por intrusivas alcalinas do final do período Cretáceo (Cavalcanti et al 79). Nessa região a maior particularidade está na intrusão alcalina de Poços de Caldas, que deu origem ao planalto de mesmo nome, e que vem sendo estudada há muito tempo por vários campos das ciências especialmente geológicas e geomorfológicas. A idade da intrusão é de 80 a 50Ma o que permite definir um limite temporal pra os processos formadores da drenagem e das formas de relevo na região.

À leste desse planalto encontra-se outra região elevada denominada Planalto de São Pedro de Caldas cuja origem é pouco conhecida tanto do ponto de vista geológico como do geomorfológico, mas que no entanto é sempre associada a intrusão alcalina vizinha, porém sem haver evidencias quantitativas dessa correlação.

Os índices morfométricos foram aplicados em drenagens de três bacias hidrográficas dessa região, a Bacia do Ribeirão das Antas e do Rio Capivari, ambos afluentes do Alto Rio Pardo, e bacia do Rio do Machado, afluente do Alto Rio Grande. A área de estudos pode ser localizada na figura 1 a seguir:

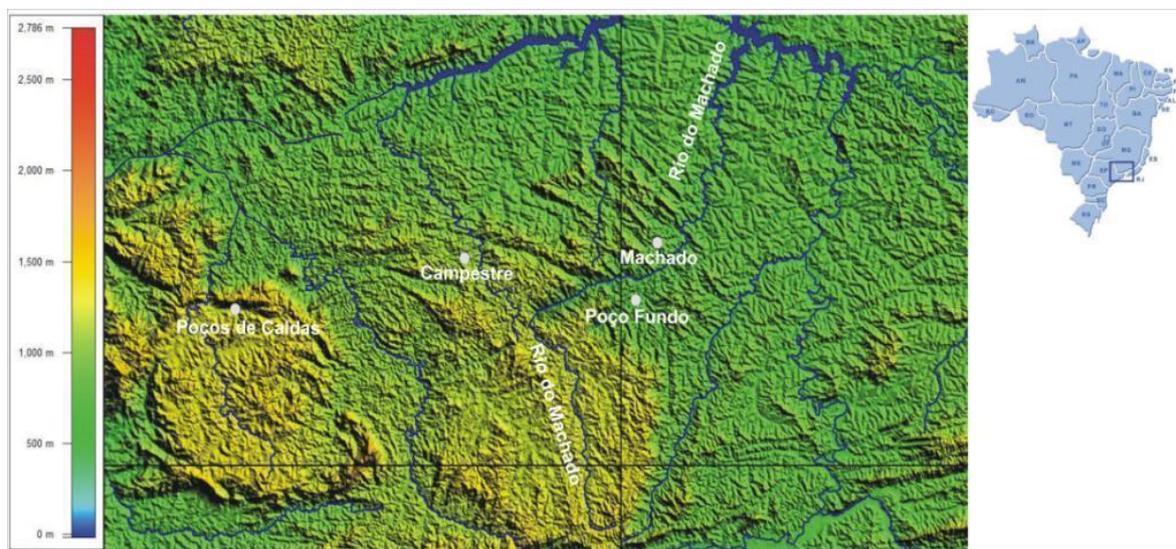


Figura 1 – Localização da Área de Estudos

Caracterização Geológica e Geomorfológica da área

A Província Mantiqueira (Heilbronn, *et.al.* 2004), onde localiza-se a bacia estudada, surgiu da aglutinação do supercontinente Gondwana durante o Neo-Proterozóico, incluindo uma série de

fragmentos crustais de diferentes idades e evoluções tectônicas (Cordani *et. al.*, 2000). Este setor insere-se em um sistema de *nappes* frontais, o Terreno Socorro-Guaxupé, que estão estruturalmente controlados por cavalgamentos com orientações de rumo ENE, respectivo ao Grupo Araxá (Campos Neto et al 2000). A partir do Jurássico Superior a região esteve sujeita aos fenômenos relacionados inicialmente à Reativação Wealdeniana, que evoluíram sucessivamente para a ruptura continental e abertura do Atlântico Sul, processos reunidos no denominado Evento Sul-Atlantiano (Schobbenhaus et. al., 1984). Idades de 120 Ma obtidas pelo método de Traços de Fissão em apatitas por Tello et al (2005) na Serra da Mantiqueira mostram que seu soerguimento coincide com a abertura do Oceano Atlântico Sul. Na figura 2 é possível observar a geologia regional da região.

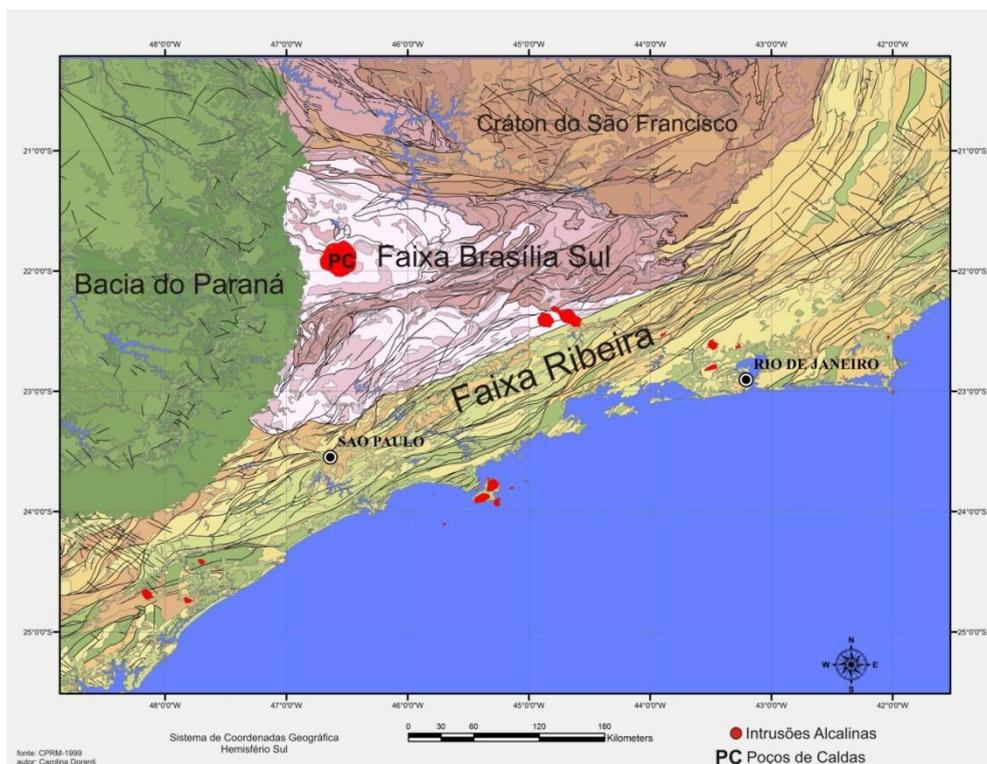


Figura 2 – Contexto Geológico Regional da área de estudos (modificado de CPRM, 1999)

Seguiu-se um levantamento de natureza epirogenética da crosta continental em resposta à passagem da Placa Sul-Americana sobre uma anomalia térmica (*hot spot* de Trindade) (Thomaz Filho & Rodrigues, 1999), este soerguimento foi acompanhado de intenso magmatismo de natureza alcalina sobre a crosta não-afinada e de natureza básica sobre crosta afinada (Zalán & Oliveira, 2005) formando assim o chamado alinhamento magmático Poços de Caldas-Cabo Frio. Com o surgimento da intrusão alcalina de Poços de Caldas a partir de 80Ma (Ulbrich & Ulbrich, 1992), originou-se uma feição positiva entre as rochas do embasamento da região oriental da estrutura Socorro-Guaxupé, sendo esta formada por rochas nefelinas-sienitos, brechas, fonólitos, piroclásticas.

Com relação aos depósitos cenozóicos, a região apresenta coberturas sedimentares relativamente delgadas, em ocorrências descontínuas, sendo representadas principalmente por

cascalhos em terracos fluviais, depósitos colúvio-aluviais, coluviões e aluviões. Usualmente apresentam localização e constituição que refletem processos de evolução morfológica regida pela epirogênese e erosão, com acúmulo restrito e efêmero. Segundo Melo et al (1993), apenas localmente essas ocorrências apresentam possíveis relações com feições sugestivas de atividade tectônica cenozóica, sedimentação, sendo que os depósitos do Paleógeno encontrados podem ser devido a própria formação da superfície e/ou tectônica cenozóica.

Com relação à geomorfologia regional a área estudada insere-se na Província do Planalto Atlântico (Ponçano *et al.* 1981) se restringindo as suas subdivisões denominadas de Planalto Sul de Minas e Zona Cristalina do Norte (Cavalcanti, *et.al.* 1979). Segundo Ponçano *et. al.* (1981) a área possui uma das feições mais marcantes do relevo, pois são encontrados níveis planálticos intercalados por serranias. Almeida & Carneiro (1998) identificaram planaltos e escarpas localizadas em regiões topograficamente altas, demonstrando evidências de uma erosão intensa, de forma que as principais superfícies de erosão pós-Paleozóicas da região SE do Planalto Atlântico sejam observadas na área.

Segundo Melo et al (1993), os lineamentos morfoestruturais concentram-se em feixes que refletem antigas estruturas pré-cambrianas, em parte reativadas, e também estruturas mais novas. As principais direções estruturais marcadas pelos lineamentos são: E-W, WNW-ESSE, ENE-WSW, NE-SW, N-S e NW-SE.

O principal evento que reativou alguma dessas estruturas foi a intrusão alcalina de Poços de Caldas, onde é encontrado em seu interior um grande corpo de nefelina-sienito com direção NE-SW, coincidindo grosseiramente com alguns lineamentos observados tanto no interior do maciço como nas rochas encaixantes sendo que algumas manifestações menores deste nefelina-sienitos afloram como “diques” de direção N-S (Melo et al 1993).

O artigo pretende assim, contribuir com os estudos sobre a evolução da paisagem na região do Planalto Sul de Minas, a partir da correlação entre a análise morfométrica da rede de drenagem e dados de termocronologia por traços de fissão em apatitas. Esses instrumentos especialmente a análise dos índices morfométricos são utilizados aqui com o intuito de constatar possíveis reativações que ocorreram após a intrusão alcalina.

MATERIAIS E MÉTODOS

O perfil longitudinal de um rio mostra a sua declividade, ou gradiente, sendo a representação visual da relação entre a altimetria e o comprimento de determinado curso d'água. O perfil característico é côncavo para o céu, com declividades maiores em direção da nascente e com valores cada vez mais suaves em direção ao nível de base (Christofolletti, 1980). No entanto mudanças nessa forma côncava característica, pode estar indicando um desequilíbrio devido a diversos fatores como tectônica, clima ou litologia (Molin & Fubelli, 2005). Particularmente, segmentos convexos, podem

ser pesquisados para validar perturbações tectônicas em diferentes escalas (Seeber & Gornitz, 1983; Troiani & Della Seta, 2008).

O método do perfil longitudinal dos vales consiste em plotar-se o desnível altimétrico entre os pontos extremos do vale no eixo das ordenadas e a distância, em linha reta, entre os pontos no eixo das abscissas. Este procedimento elimina o efeito da sinuosidade do canal. Em seguida, sobrepõe-se ao perfil obtido à linha de melhor ajuste, o que permite definir, genericamente, áreas em subsidência e soerguimento. A linha de melhor ajuste, neste caso, corresponde a uma simulação matemática do perfil de equilíbrio do rio. Assim é possível a identificação das áreas de estocagem de sedimento, e sua relação com o arcabouço tectônico. A figura 3 representa um modelo hipotético de um perfil longitudinal e sua linha de melhor ajuste.

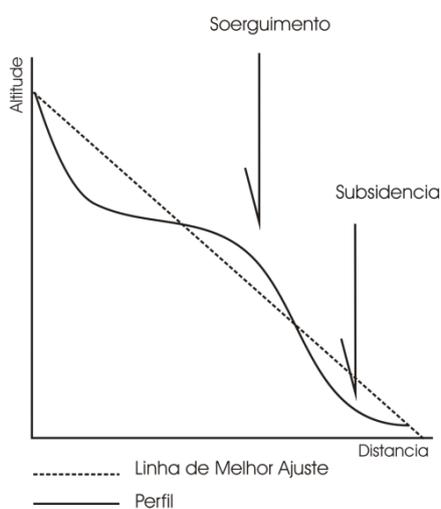


Figura 3. Modelo de Representação do Perfil Longitudinal (Modificado de Caretta, 2008)

O índice RDE resulta do método estabelecido por Hack (1973), com a designação *Steam-Gradient Index* ou índice SL (Slope vs. Length) (ou eventualmente “índice de Hack”) podendo ser correlacionado com os níveis de energia da corrente, que reflete na capacidade da mesma erodir o substrato e de transportar a carga sedimentar, podendo detectar sensíveis mudanças na declividade de um canal fluvial, que podem estar associadas a diferentes resistências à erosão hidráulica e à atividade tectônica. Esses índices foram aplicados a análises de cunho neotectônico em diversos contextos geológicos, onde destacam-se trabalhos de Seeber & Gornitz, (1983), McKeown et al (1988), Merritts & Vincent (1989), Missura (2002), Doranti (2003) e Etchebehere et al (2006).

O índice cresce onde o rio flui por sobre rochas mais resistentes e decresce onde percorre um substrato mais friável. Pode-se suspeitar da atuação de processos tectônicos caso seja possível eliminar o fator litológico como causador principal da elevação do índice em algum determinado trecho do rio. Portanto faz-se fundamental estabelecer um programa cuidadoso de avaliação de campo das anomalias encontradas em gabinete a fim de verificar as possíveis causas das suas origens. Assim sendo, os dados índices RDEs passam a constituir alvos para verificação de campo, aumentando a efetividade da

análise tectônica em áreas de grande extensão (Merritts and Vincent, 1989; Keller and Pinter, 1996; Brookfield, 1998; Chen et al., 2003; Zovoili et al., 2004). O índice pode ser calculado como:

$$RDE = (\Delta H/\Delta L).L$$

Onde: ΔH = diferença altimétrica entre dois pontos extremos de um seguimento ao longo do curso d'água; ΔL = projeção horizontal da extensão do referido segmento; L = comprimento total do curso d'água a montante do ponto para o qual o índice está sendo calculado. A figura 4 ilustra esquematicamente essa relação

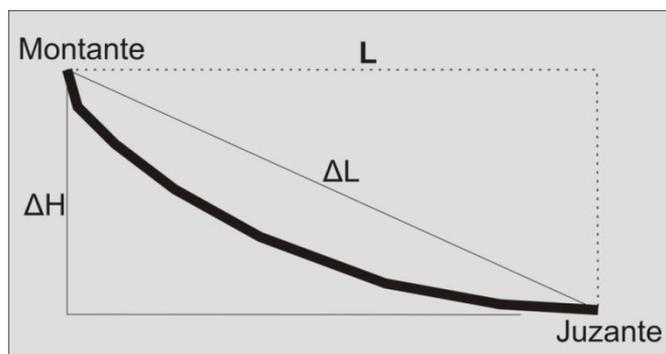


Figura 4. Esquema que identifica os parâmetro utilizados para o cálculo dos Índices RDEs.

A outra técnica utilizada foi a termocronologia que permite quantificar o tempo de resfriamento da rocha, ou seja, data o momento em que determinado bloco passou por determinada temperatura. Cada método possui um geotermômetro, sendo que os mais indicados para os estudos geomorfológicos os de baixa temperatura, pois considerando o grau geotérmico da crosta, registram os eventos ocorridos em ambientes situados a níveis crustais mais rasos.

Uma ampla variedade de métodos e utilizada em estudos sobre a evolução terrestre, como e o caso do método de datação por traços de fissão em apatitas, aplicado em estudos sobre superfícies denudadas, pois o método é sensível a temperaturas inferiores a 120°C na crosta terrestre permitindo o registro da passagem do mineral pela faixa dos 3km de profundidade aproximadamente.

O método de datação por traços de fissão consiste na análise, ao microscópio óptico, de traços de fissão em apatitas registrados em tempos geológicos no mineral. Quando este fenômeno ocorre, a estrutura do mineral é danificada, levando à repulsão e deslocamento dos átomos que se encontram no caminho dos fragmentos de fissão. Fazendo uma contagem destes traços de fissão espontânea numa superfície polida do mineral e conhecendo a sua concentração de átomos de urânio pode-se obter a idade do último evento térmico ocorrido na área e com a correlação com as informações geológicas e geomorfológicas pode-se traçar uma história dos eventos tectônicos ocorridos (Wagner & Van Den Haute, 1992).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise de Traços de Fissão em Apatitas (TFA)

As idades de TFA existentes na região foram obtidas em trabalhos de Franco *et al* (2005) e Doranti *et al* (2008). Como podemos observar no mapa da figura 5, as idades obtidas na região do Planalto São Pedro de Caldas e Superfície Alto Rio Grande, datam do final do período Jurássico Superior e início do Cretáceo Inferior, o que indica que essa área foi afetada pelos fenômenos relacionados tanto a Reativação Wealdeniana (Almeida, 1967), quanto aos processos que provocaram a abertura continental e o surgimento do Atlântico Sul e da Serra da Mantiqueira, já que esses eventos, como visto anteriormente, ocorreram a partir do Jurássico Superior até o final do Cretáceo Superior.

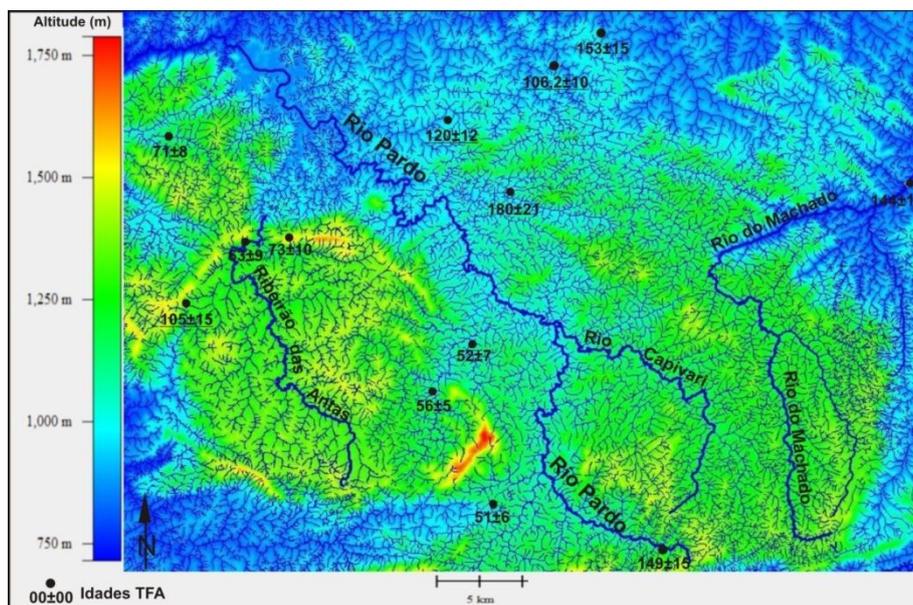


Figura 5. O mapa ilustra as bacias hidrográficas estudadas, e as idades de Traços de Fissão em Apatitas existentes na região.

No entanto observa-se também que as amostras do Planalto de Poços de Caldas, são bem mais jovens, do final do Cretáceo Superior e início do Paleógeno, registrando os eventos que sucederam o magmatismo alcalino de Poços de Caldas a partir de 80Ma, que reorganizaram e condicionaram grande parte da rede de drenagem na região.

Análise Morfométrica da Rede de Drenagem

Com o intuito de detectar quais as bacias da região foram condicionadas pela tectônica após a intrusão alcalina, os índices morfométricos foram calculados para os principais afluentes da Bacia do Alto Rio Pardo e Alto Rio Grande que cortam essa área. Os resultados obtidos a partir do cálculo dos índices RDEs foram interpolados e sobrepostos à topografia, onde foram traçados também os principais lineamentos que cortam a região. Observa-se no mapa da figura 6 que alguns desses lineamentos estão claramente condicionando algumas das drenagens, ou seja a drenagem se instalou

posteriormente na região mais fragilizada acompanhando assim o lineamento. Essa condição faz com que os valores dos índices morfométricos calculados para essas drenagens sejam inferiores do que aqueles calculados para as drenagem que são cortadas perpendicularmente por lineamentos. A diferença altimétrica acentuada gerada pelo cruzamento com a falha faz com que esse índice aumente, e quanto maior o desnível, maior é o índice.

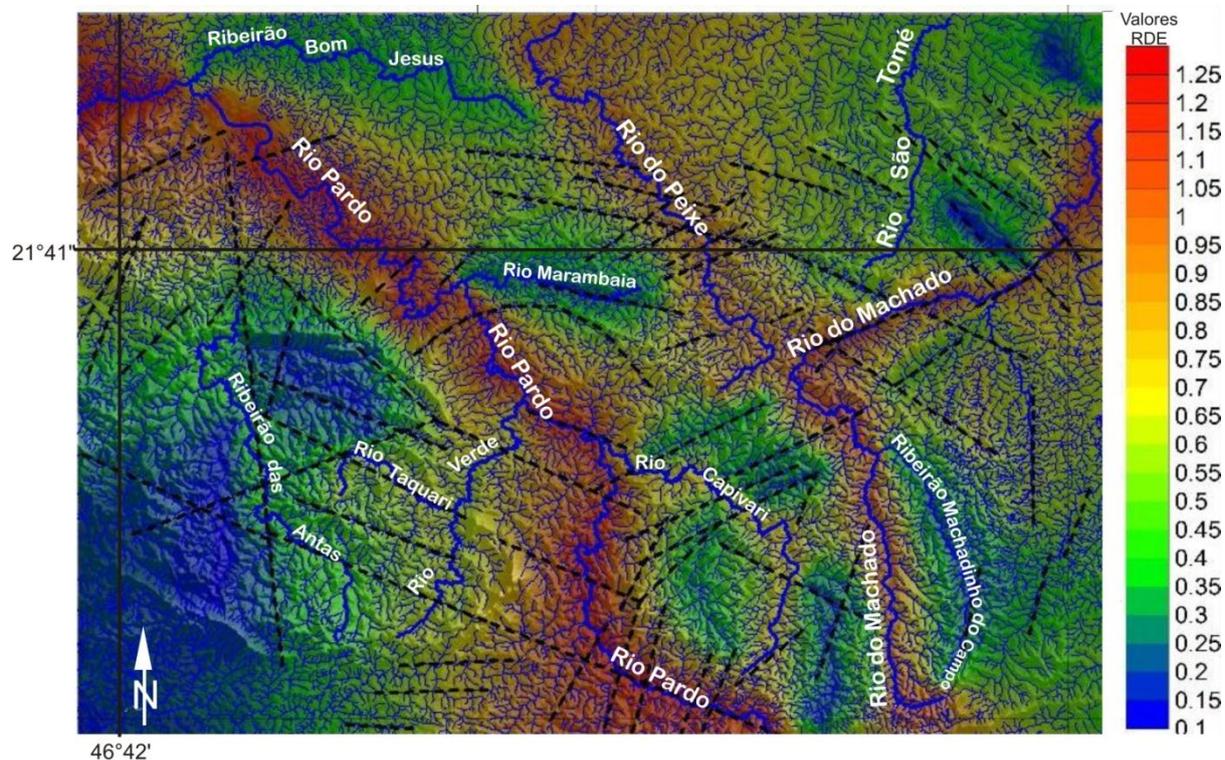


Figura 6. Mapa com isovalores de RDE e lineamentos sobrepostos a topografia e as bacias estudadas.

Os rios que apresentam maiores índices são também os maiores e os mais antigos, sendo o Alto Rio Pardo, que corta o centro da área estudada, o rio do Peixe a norte e o rio do Machado a leste. Essas drenagens são as mais afetadas pelas estruturas, que os cortam em todas as direções gerando vários desníveis altimétricos, o que aumenta seu índice morfométrico. Esses desníveis são bem observados nos perfis longitudinais obtidos.

O Rio do Machado é um bom exemplo da variação dos índices RDE, pois no seu alto curso ele apresenta uma direção S-NNW e está totalmente localizado no alto do Planalto de São Pedro de Caldas, a partir do médio curso, o rio se encaixa em uma falha, apresentando uma mudança brusca tanto na sua direção, como na sua altimetria. O rio muda sua orientação para SW-NE e apresenta um desnível altimétrico de 400m, essa relação pode ser observada no seu perfil longitudinal apresentado na figura 7.

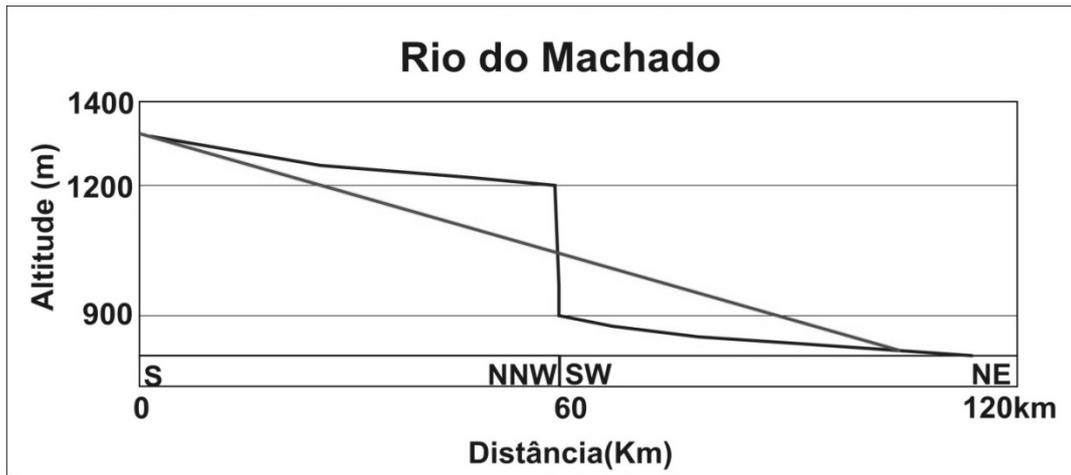


Figura 7. Perfil Longitudinal do Rio do Machado.

Os resultados obtidos para a rede de drenagem instalada na região do Maciço Alcalino de Poços de Caldas foram relativamente baixos em comparação ao restante da região, no entanto se analisarmos essa drenagem mais de perto, juntamente com os lineamentos existentes nessa área é possível observar (Fig. 8) que há um evidente condicionamento dessa drenagem por esses falhamentos, predominando a direção NW-SE. O rio Taquari é a drenagem com o maior índice nessa região, isso se deve ao fato de que seu curso segue uma trajetória bastante irregular, pois seus primeiros 4km de curso segue uma direção S-N, e começa a contornar uma das estruturas circulares existentes no interior do maciço, quando a partir de seu médio curso passa a ter direção NW-SE coincidindo com um lineamento que corta essa região.

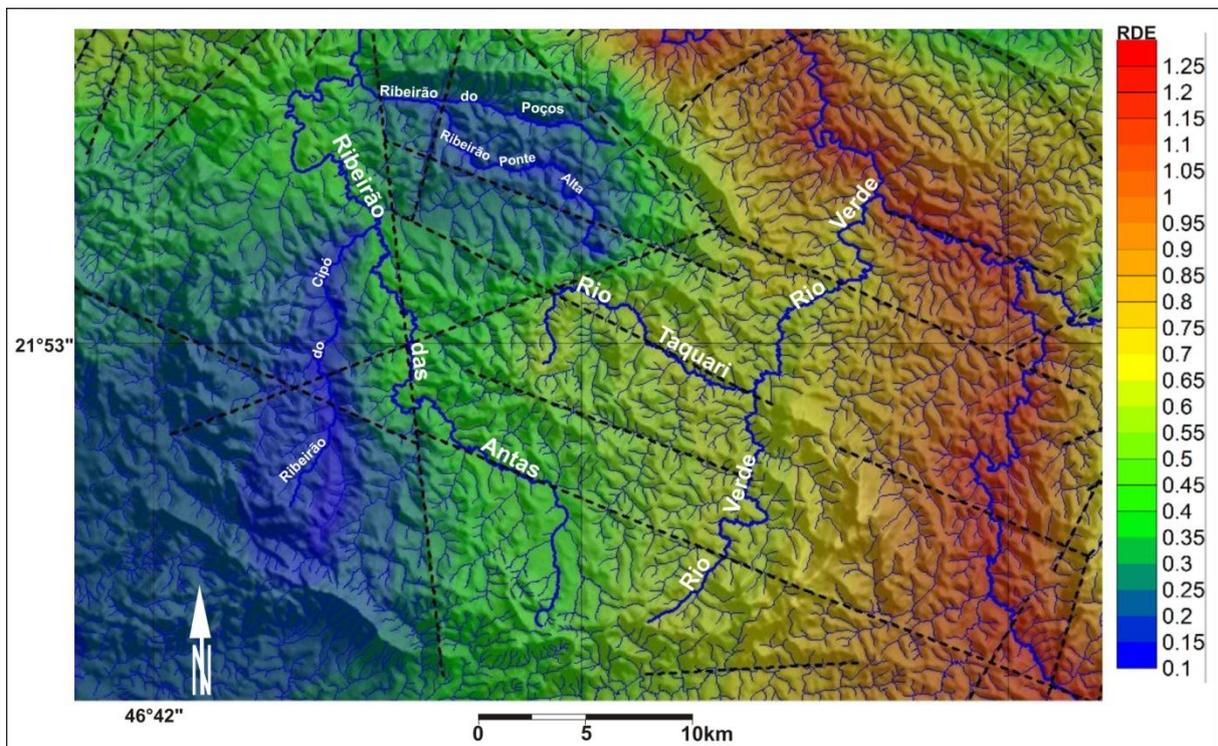


Figura 8. Índices RDEs na região do Maciço Alcalino de Poços de Caldas.

Em suma os índices RDEs obtidos para as drenagens que se instalaram depois da reativação das estruturas, ou seja os mais recentes e de menor extensão, são menores do que os obtidos pelas maiores drenagens, pois essas são, provavelmente, mais antigas do que as estruturas, principalmente as de direções NW-SE e NE-SE.

CONCLUSÃO

A partir da análise dos dados é possível fazer uma correlação entre as idades de TFA, com as informações obtidas pela análise morfométrica, pois os eventos registrados pela termocronologia confirmaram-se estar em acordo com as informações encontradas na literatura e a rede de drenagem apontou anomalias que tem sua mais provável origem em eventos tectônicos. Assim podemos concluir que:

- 1) Alguns canais de drenagem encontram-se encaixados nas estruturas, especialmente as de direções NE-SW e NW-SE, fazendo com que seus índices RDEs, sejam baixos e seus perfis longitudinais perto do equilíbrio, enquanto que os rios que cortam essas estruturas, possuem grande desníveis altimétricos em seu curso, fazendo com que seu índice aumente em relação aos demais.
- 2) As direções estruturais estão relacionadas com eventos tectônicos e magmáticos marcantes na região, ou seja, a abertura do oceano Atlântico que ocorreu no Juro-cretáceo, registrado principalmente nas amostras de TFA do embasamento cristalino, a intrusão alcalina de Poços de Caldas de idade neo cretácea, também registrada nas amostras de TFA. As estruturas e os índices morfométricos indicam ainda uma possível atuação tectônica posterior à intrusão alcalina, pois cortam as drenagens mais antigas e condicionam as mais recentes.
- 3) Assim temos evidências de que a região vem sofrendo atuação de eventos tectônicos mais recentes que estão condicionando tanto a rede de drenagem como as formas de relevo da região, especialmente na região do Maciço Alcalino de Poços de Caldas, onde há um registro de idades mais recentes, e o predomínio de estruturas

AGRADECIMENTOS

Agradecemos apoio financeiro da CAPES/PROBRAL/DAAD e FAPESP processos: 2008/07097-1 e 2008/10626-6

REFERENCIAS

ALMEIDA, F. F. M. de; CARNEIRO, C. D. R. Origem e evolução da Serra do Mar. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 135-150, jun. 1998.

ALMEIDA, F.F. M. –Origem e evolução da Plataforma Brasileira. Rio de Janeiro, DNPM/ DGM. 36p. (Boletim 241). 1967.

BROOKFIELD, M.E., The evolution of the great river systems of southern Asia during the Cenozoic India-Asia collision: rivers draining southwards. *Geomorphology* 22, 285–312. 1998.

CAMPOS NETO, M.C. da. - Orogen systems from Southerwestern Gondwana on approach to Brasiliano-Pan African cycle and orogen collage in Southeastern Brazil. In: CORDANI, U. G et al., (edited) *Tectonic Evolution of South America*. 1a. ed. Rio de Janeiro: 31st International Geological Congress, cap. 12, p.335-365, 2000.

CARETTA, A. R. ; DORANTI, C. ; DORANTI, A. ; CUNHA, C.M.L ; SOUZA, D.H. . Contribuição ao estudo morfoestrutural da bacia do ribeirão Bom Jesus, Alto Rio Pardo, SP-MG, a partir do uso de técnicas morfométricas.. In: VII Simpósio Nacional de Geomorfologia, II Encontro Latino-Americano de Geomorfologia, 2008, Belo Horizonte. VII Simpósio Nacional de Geomorfologia, II Encontro Latino-Americano de Geomorfologia, 2008. v. 1. p. 109-110.

CAVALCANTE, et al., Relatório Final de Geologia – Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. Brasília.1979

CHEN, Y.C., SUNG, Q., CHENG, K.Y., Along-strike variations of morphotectonic features in the Western Foothills of Taiwan: tectonic implications based on streamgradient and hypsometric analysis. *Geomorphology* 56, 109–137, 2003.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo:Edgard Blucher Ltda, 2a. ed. 188p. 1980.

CORDANI, U. G et al., (edited) *Tectonic Evolution of South America*. 1a. ed. Rio de Janeiro: 31st International Geological Congress, cap. 12, p.335-365. 2000

DORANTI, C. Contribuição ao estudo morfoestrutural do planalto de monte verde, a partir do uso de análise morfométrica da rede de drenagem e do relevo. Trabalho de Conclusão de Curso. IGCE-Unesp, Rio Claro-SP. 2003

DORANTI, C.; HACKSPACHER, P.C.; HADLER NETO, J.C.; SIQUEIRA-RIBEIRO, M.C. ; LIMA, H. C. . Evolução do Relevo da Região do Planalto de Poços de Caldas: Correlações Entre Níveis Planálticos e Termocronologia por Traços de Fissão em Apatitas. *Geografias*, v. 4, p. 87-92, 2008.

ETCHEBEHERE, M. L.; SAAD, A.R.; SANTONI, G.; CASADO, F.C.; FULFARO, V. J. Detecção de prováveis deformações neotectônicas no vale do rio do Peixe, região Ocidental Paulista, mediante aplicação de índices RDE (Relação Declividade-extensão) em segmentos de drenagem. São Paulo, UNESP, *Geociências*, v 25 n 3 p 271-287, 2006.

FRANCO, A. O. B. ; HACKSPACHER, P. C. ; GODOY, D. F. ; RIBEIRO, L. F. B. ; GUEDES, S.. História Térmica do Maciço Alcalino de Poços de Caldas (SP/MG) e adjacências através da Análise de Datação por Traços de Fissão em apatitas. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 35, n. 3, p. 351-358. 2005

HACK, J. T. Stream profile analysis and stream gradient index. *Journal Research of U. S. Geological Survey*, v. 1, 421 – 429. 1973.

HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; CAMPOS NETO, M. C.; SILVA, L.C.; TROUW, R.A.J.; JANASI, V.A.; Província Mantiqueira, p. 204-234. 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 Flávio Marques de Almeida*, São Paulo, Beca, 647p. 2004.

KELLER, E.A., Investigations of active tectonics: use of surficial earth processes. In: WALLACE, R.E. (Ed.), Active tectonics: impact on society. National Academy Press, Washington, DC, pp. 136–147, 1986.

KELLER, E.A., PINTER, N., Active Tectonics. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1996.

McKEOWN, F.A.; JONES-CECIL, M.; et al. Analysis of stream-profile data and inferred tectonic activity, Eastern Ozark Mountains region. Denver. US. Geological Survey Bulletin n 1807, 39p 1988.

MELO, M.S., et al. Neotectônica da Área do Alto Rio Pardo (SP e Mg), Revista IG, 14(1), p. 27-38, São Paulo. 1993

MERRITS, D. & VINCENT, K.R. Geomorphic response of coastal stream to low, intermediate, and high rates of coastal uplift, Mendocino triple junction region, northern California. Geological Society of America Bulletin. V. 101. P 1373;1388, 1980

MISSURA, R. Análise morfoestrutural e morfométrica do Maciço alcalino de Passa Quatro SP/MG. Trabalho de Conclusão de Curso. IGCE-Unesp, Rio Claro-SP. 2002

MOLIN, P., FUBELLI, G., Morphometric evidence of the topographic growth of the Central Apennines. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria 28, 47–61, 2005.

PONÇANO, W. L., CARNEIRO, C. D. R., BISTRICHI, C. A., ALMEIDA, F. F. M. E PRANDINI, F. L. - Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo, IPT (IPT, Monografias, 5). Escala: 1:1 000 000. 1981.

SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; DERZE, G.R.; HASMUS, H.E. (coordenadores). -. Mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais, escala 1: 2 500 000-Brasília DNPM, 4 folhas, 400pp. 1981

SEEBER, L & GORNITZ, V. River profiles along the Himalayan arc as indicators of active tectonics. Tectonophysics, v. 92 p 335-367, 1983.

STRAHLER, A.N., Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. Geological Society of America Bulletin 63, 1117–1142, 1952.

TELLO SAENZ C.A, HADLER NETO J.C., IUNES P.J., GUEDES S., HACKSPACHER P.C, RIBEIRO L.F.B., PAULO S.R., OSORIO A.M. — Thermochronology of the South American platform in the state of São Paulo, Brazil, through apatite fission tracks. Radiation Measurements, (39) 635 – 640. 2005

THOMAZ-FILHO, A.; RODRIGUES, A.L. O Alinhamento de Rochas Alcalinas Poços de Caldas-Cabo Frio (RJ) e sua Continuidade na Cadeia Vitória-Trindade. Rev. Bras. de Geociências, v. 29, n. 2, p. 275-280. 1999.

TROIANI, F. & DELLA SETA, M. The use of the Stream Length–Gradient index in morphotectonic analysis of small catchments: A case study from Central Italy. Geomorphology 102 (2008) 159–168, 2008.

ULBRICH, H.H & ULBRICH, M. N. O maciço alcalino de Poços de Caldas, MG-SP: características petrográficas e estruturais. Roteiro das Excursões do 37 Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo. 1992.

WAGNER, G.A., & VAN DEN HAUTE, P. Fission Track-Dating. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 285 pp. 1992.

ZALAN, P. V., & OLIVEIRA, J. B. A.. Origem e Evolução Estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil. Geociências. Petrobras, Rio De Janeiro, V. 13, N. 2, P. 269-300. 2005.

ZOVOILI, E., KONSTANTINIDI, E., KOUKOUVELAS, I.K., Tectonic geomorphology of escarpments: the cases of Kompotades and Nea Anchialos faults. Bulletin of the Geological Society of Greece 36, 1716–1725, 2004.