



ANÁLISE MORFOTECTÔNICA DA REGIÃO DA SERRA DOS ÓRGÃOS, SUDESTE DO BRASIL

Marcos Eduardo Hartwig

Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica - Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo - Rua do Lago, 562 - CEP 05508-080 - São Paulo, SP - e-mail: marcoshartwig@yahoo.com.br

Claudio Riccomini

Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental e Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica - Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo - Rua do Lago, 562 - CEP 05508-080 - São Paulo-SP - e-mail: riccomin@usp.br

Resumo

Aspectos referentes à morfogênese mesozóico-cenozóica da Serra dos Órgãos no Estado do Rio de Janeiro, região sudeste do Brasil, foram investigados por meio da análise morfotectônica. Os resultados permitiram reconhecer padrões anômalos na rede de drenagem e nas formas de relevo, que encontram correspondência com dois eventos tectônicos superpostos, de caráter regional, no sudeste do país. O primeiro evento tectônico teria operado no Eoceno, caracterizado por distensão de direção NW-SE, considerado como gerador do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil. Sua principal consequência seria a compartimentação do relevo em blocos alongados e escalonados abatidos para sudeste. Concomitantemente a este abatimento, deu-se a deformação de uma antiga superfície de aplainamento, que teria nivelado a cimeira da Serra dos Órgãos em torno de 2.000 m s.n.m. O regime tectônico seguinte, caracterizado por cisalhamento dextral, com binário E-W, de idade pleistocênica a holocênica, envolveria uma retomada dos processos erosivos, com desenvolvimento de drenagens ao longo de lineamentos de direção NW-SE, hoje realçadas pelas facetas trapezoidais parcialmente preservadas ao longo do vale do rio do Bonfim.

Palavras-chave: análise morfotectônica, Serra dos Órgãos, sudeste do Brasil

Abstract

Mezosoic-Cenozoic morphogenesis of the Serra dos Órgãos range in the Rio de Janeiro State, southeastern Brazil, was investigated using morphostructural analysis. Results revealed anomalous pattern of the drainage network and landforms, that are related with two superimposed tectonic events observed regionally in southeastern Brazil. The first tectonic event operated in Eocene and was characterized by a NW-SE-trending extensional regime, considered as generator of Continental *Rift* of Southeastern Brazil. It was responsible for the relief segmentation in the south-southeast part of the study area, where NE-SW-trending elongated blocks in a step-like array descending to the southeast are observed. At the same time occurred the deformation of an old erosion surface, which had previously leveled the summit of the Serra dos Órgãos range at around 2.000 m a.s.l. The next tectonic event was characterized by Late Pleistocene-Holocene right-lateral E-W-trending strike-slip, with NW-SE compression which reactivated erosive process, with development of drainages along NW-SE-trending lineaments, enhanced today by the trapezoidal facets partially preserved along the Bonfim river valley.

Keywords: morphotectonic analysis, Serra dos Órgãos range, southeastern Brazil

Introdução

Análises morfométricas e modelos numéricos do terreno são modelagens matemáticas computacionais do relevo

que apresentam grande aplicação em estudos morfotectônicos, e podem ser obtidas a partir do processamento de cartas topográficas, fotografias aéreas ou, mais recentemente, dados

de radar SRTM - Shuttle Radar Topography Mission (Salvador & Riccomini 1995, Jianjun *et al.* 1997, Hiruma 1999, Araújo *et al.* 2003, Chiessi 2004, Hartwig 2006, Ribeiro *et al.* 2006, Grohmann *et al.* 2007).

Algumas feições da paisagem são tipicamente susceptíveis ao controle tectônico, como a rede de drenagem e o padrão de relevo (Sylvester 1988, Stewart & Hancock 1990, Summerfield 1993, Keller & Pinter 1996), que podem assumir diversas morfologias na paisagem. As análises morfométricas permitem identificar anomalias no padrão destas feições, que evidenciam movimentações tectônicas recentes, e que nem sempre são visíveis na superfície. De modo geral, estas análises antecedem os trabalhos de campo e tem por finalidade a identificação preliminar de áreas com maior probabilidade de ocorrência de registros de depósitos recentes e estruturas tectônicas (Deffontaines 1989, Zuchiewicz

1991, Zuchiewicz & Oaks Jr. 1993, Rodriguez 1993, Stewart & Hancock 1994, Hiruma & Riccomini 1999).

Com o intuito de identificar registros tectônicos foram considerados os seguintes parâmetros morfométricos: hipsometria, inclinação do terreno, orientação de vertentes, gradientes hidráulicos (Rodriguez 1993), superfícies de base (Golts & Rosenthal 1993), rugosidade de relevo (Hobson 1972), densidade de drenagem (Horton 1945) e de lineamentos (Liu 1987, Riccomini & Crósta 1988, Amaral 1994). A área de estudo está localizada na Serra do Mar, a cerca de 90 km a norte da cidade do Rio de Janeiro, região sudeste do Brasil, e abrange os limites do Parque Nacional da Serra dos Órgãos – PARNASO (Fig. 1). O PARNASO é uma unidade de conservação criada em 1939, densamente recoberta por um remanescente da Mata Atlântica, cuja extensão original ocupava quase toda costa brasileira (Schäffer & Prochnow 2002).

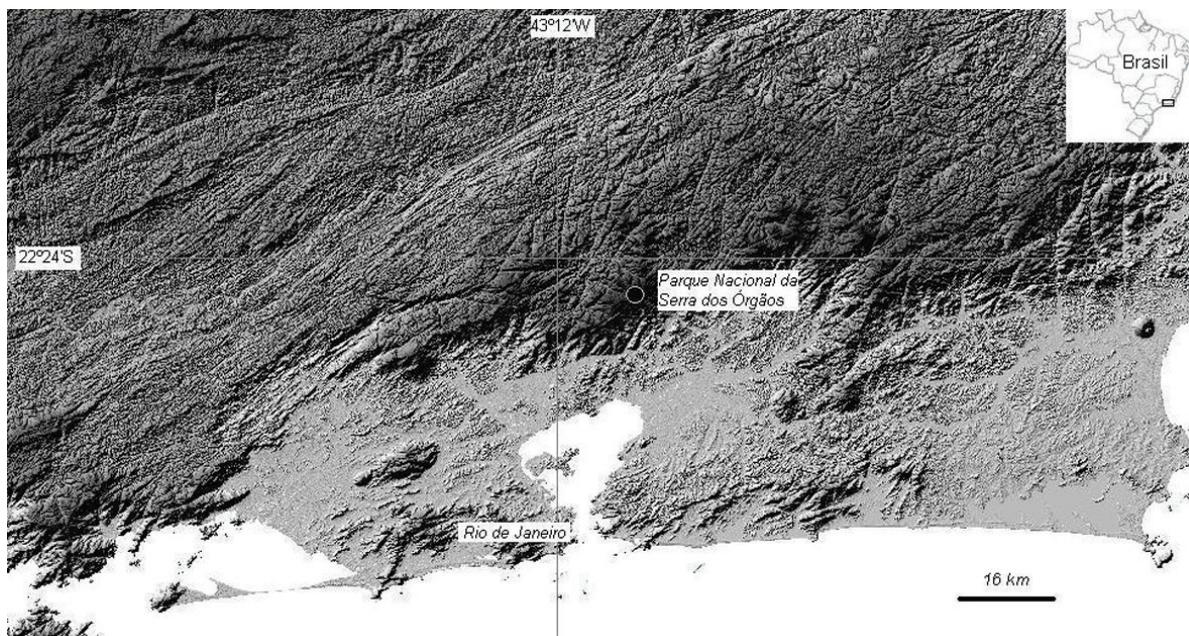


Figura 1 - Localização do Parque Nacional da Serra dos Órgãos – PARNASO, sudeste do Brasil. O mapa apresenta as principais feições topográficas emersas da costa fluminense. Fonte: Shuttle Radar Topography Mission (SRTM).

Contexto Geológico e Geomorfológico

A Serra dos Órgãos, localizada entre as cidades de Petrópolis e Teresópolis, Estado do Rio de Janeiro, corresponde a um segmento da Serra do Mar que constitui uma das mais destacadas feições orográficas da borda sul-sudeste do continente sul-americano, cuja direção geral acompanha a orientação NE-ESE das estruturas do embasamento costeiro (Hasui *et al.* 1975, Almeida 1976). Esta feição está instalada no domínio da Faixa Ribeira, de idade pré-cambriana-eopaleozóica, parte do Sistema Orogênico Mantiqueira (Hasui *et al.* 1975, Hasui & Oliveira 1984, Trouw *et al.* 2000, Heilbron & Machado 2003). Depois de

um longo tempo de sua consolidação, a atual região costeira do sudeste do Brasil foi palco de um importante processo de reativação tectônica, manifestado a partir do Jurássico, que culminou com a abertura do Oceano Atlântico Sul (Almeida 1967, 1969). Este fenômeno foi responsável pelo desenvolvimento de bacias costeiras e continentais e de porções soerguidas adjacentes, que caracterizam as Serras do Mar e Mantiqueira, e abundante magmatismo de caráter básico a alcalino (Almeida 1976, Asmus & Ferrari 1978, Melo *et al.* 1985, Almeida 1986, Riccomini 1989, Gallagher *et al.* 1994, Almeida & Carneiro 1998, Ferrari 2001, Riccomini *et al.* 2004, Riccomini *et al.* 2005, Zálan 2005). O conjunto de bacias continentais do sudeste brasileiro se prolonga por

cerca de 1.000km e foi denominado Rift Continental do Sudeste do Brasil (Riccomini 1989).

Na região do PARNASO as litologias pré-cambrianas e eopaleozóicas estão individualizadas em quatro unidades básicas: a) Complexo Rio Negro, que congrega migmatitos heterogêneos e biotita gnaisses graníticos; b) Batólito Serra dos Órgãos, representado por biotita granitos a granodioritos gnáissicos; c) leucogranitos gnáissicos; e d) granitos pós-

colisionais (granitos Andorinha e Nova Friburgo). Diques de diabásio de idade mesozóico-cenozóica cortam as unidades anteriores (Fig. 2).

O relevo no PARNASO é marcado por um planalto nivelado em torno de 2.000m, do qual sobressaem elevações que ultrapassam 2.200m., além de uma imensa escarpa escalonada de direção ENE, abatida para sul (Ruellan 1944, King 1956, Zalán 2004, Hartwig 2006).

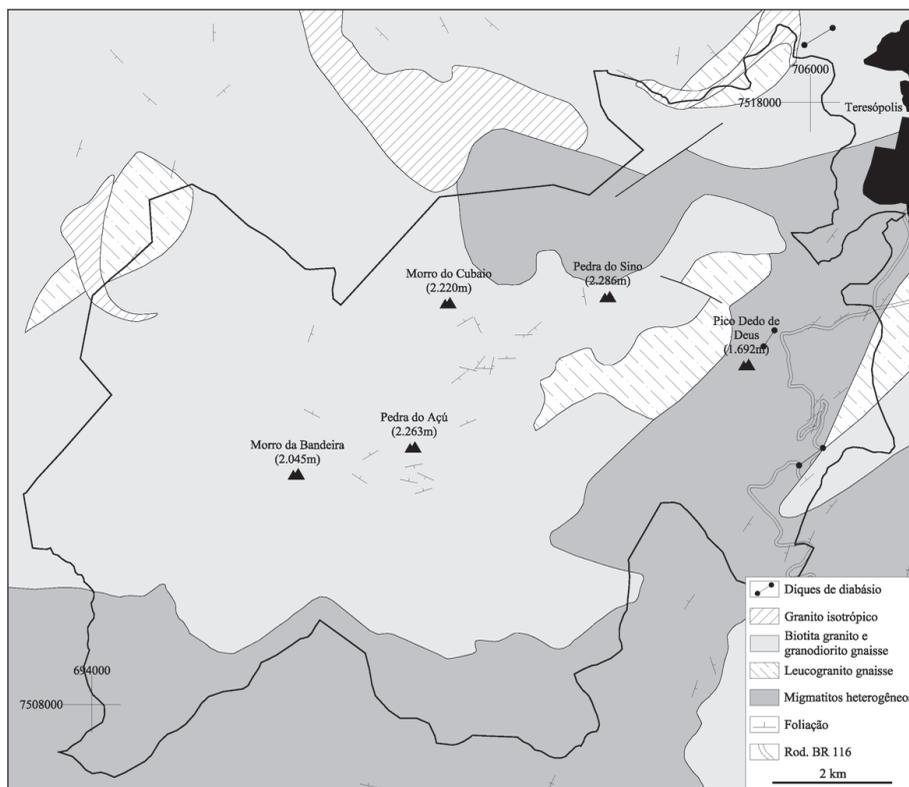


Figura 2 - Mapa geológico simplificado do Parque Nacional da Serra dos Órgãos – PARNASO. Modificado de Penha et al. (1979), Pinto et al. (1980), Penha et al. (1981) e Ferrari et al. (1981). Sistema de coordenadas UTM, Zona 23 K.

Métodos

Os mapas morfométricos apresentados neste trabalho foram construídos com os programas Surfer 8.0 (Golden Software) e ArcGis 8.1, a partir da reinterpolação pelo método de krigagem, de dados topográficos, escala 1:50.000, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e de radar SRTM-90m.

Os mapas hipsométricos, de inclinação do terreno e de orientação de vertentes permitiram a caracterização preliminar da área de estudo. O mapa hipsométrico consiste na hierarquização do relevo segundo diferentes classes altimétricas, expressas neste trabalho em classes de 100 em 100m. O mapa de inclinação do terreno apresenta classes que variam entre zero (horizontal) a noventa graus (ver-

tical). O mapa de orientação de vertentes fornece o rumo azimutal da reta de maior declive para uma malha de dados.

Para elaboração dos mapas de gradientes hidráulicos e superfícies de base efetuou-se previamente a hierarquização da rede de drenagem, conforme critério proposto por Strahler (1952).

O mapa de gradientes hidráulicos permite separar blocos com características hidráulicas distintas, numa tentativa de correlacioná-los com lineamentos estruturais (Rodríguez 1993). O valor do gradiente hidráulico é calculado a partir da razão da diferença altimétrica entre a cabeceira e a foz de cada drenagem de 2ª ordem, com o comprimento em planta do canal.

O mapa de superfícies de base possibilita identificar contrastes acentuados no padrão de relevo de uma área, os quais podem indicar movimentações recentes da crosta (Golts & Rosenthal 1993). A superfície de base seria um plano hipotético formado pela conexão entre o talvegue de canais de ordem similar. De acordo com Golts & Rosenthal (1993), algumas feições no padrão das linhas de isobases podem indicar áreas que sofreram movimentações tectônicas recentes, como desvios abruptos e isolinhas mais ou menos espaçadas. Para elaboração do mapa de superfície de bases obtiveram-se manualmente os pontos de interseção entre os canais de drenagem de 2ª ordem com as curvas de nível. Com intuito de facilitar a visualização e interpretação do mapa de isobases foi gerado um modelo numérico de terreno (MNT) a partir da mesma malha de dados.

O mapa de rugosidade de relevo pode ser utilizado para estimar a correlação entre a rugosidade do relevo e eventos deformacionais recentes (Hobson 1972). Neste trabalho, o parâmetro rugosidade de relevo foi obtido por meio da relação entre a área real e a área planar de uma célula quadrática de 1 x 1 km (Hiruma 1999). Valores próximos a um indicam áreas de relevo plano, enquanto que valores maiores indicam áreas de relevo mais acidentado.

O mapa de densidade de drenagens permite a individualização de áreas anômalas de alta ou baixa densidade de drenagem, que podem estar refletindo controle tectônico (Horton 1945). O parâmetro densidade de drenagem e de lineamentos foi obtido a partir da razão entre a somatória do comprimento total da rede de drenagem/lineamentos e sua área, atribuindo-se o valor obtido para o centro de cada célula (Hiruma & Ponçano 1994). O mapa de lineamentos morfoestruturais foi obtido por meio da interpretação de mapas de sombreamento de relevo iluminados sob diferentes azimutes, a partir do processamento de cartas topográficas e dados de radar SRTM, conforme método adotado por Liu (1987) e Riccomini & Crósta (1988).

Resultados

Com intuito de auxiliar a análise e interpretação dos parâmetros morfométricos, foram considerados arbitrariamente como anômalos valores acima e abaixo da média \pm desvio padrão, conforme critério adotado por Hiruma & Riccomini (1999) e Chiessi (2004) (Tabela 1).

Tabela 1 - Parâmetros estatísticos dos índices morfométricos.

Parâmetro	Valor mínimo	Valor máximo	Média	Desvio Padrão
Rugosidade de relevo	1.0275	1.4816	1.1382	0.0714
Gradiente Hidráulico	0.0247	0.5563	0.2084	0.0915
Densidade de Drenagem	0	2.8965	1.3713	0.5184
Densidade de Lineamentos	0	8.2822	2.9808	1.4019

A área de estudo possui variações altimétricas marcantes entre 200m, a jusante do rio Santo Aleixo e córrego do Sossego, e superiores a 2.200m na porção centro-leste, predominando classes altimétricas entre 1.500 e 2.000m. Na porção centro-sul do PARNASO observa-se um acentuado decréscimo nos valores das isolinhas (Fig. 3A).

No mapa de inclinação do terreno (Fig. 3B) é possível distinguir três setores: a) reverso da Serra dos Órgãos, com valores de inclinação entre 10 e 70°, que ocorrem genericamente, exceto ao longo dos rios do Bonfim e do Poço do Ferreira, que configuram lineamentos segundo a direção NW-SE; b) cimeira da Serra dos Órgãos, onde predominam valores de inclinação baixos, da ordem de 5 e 20°; e c) escarpa da Serra dos Órgãos, onde concentram-se os maiores valores de inclinação (~ 75°) distribuídos ao longo de lineamentos de direção NE-SW. Valores baixos de inclinação (5 a 25°) ocorrem localmente ao longo dos rios Soberbo, Iconha e córrego do Sossego.

O mapa de orientação de vertentes mostra duas regiões distintas cujos limites coincidem aproximadamente com o divisor de águas da Serra dos Órgãos, exceto para a região nordeste da área de estudo. A primeira, a norte, é assinalada por vertentes voltadas, sobretudo, para noroeste e, menos frequentemente, para norte. A segunda, a sul, é constituída por vertentes voltadas especialmente para SE-ESE, embora ocorram vertentes voltadas para noroeste que definem lineamentos de direção NE-SW. Extensos lineamentos de direção NW-SE atravessam as duas regiões e coincidem com os traços dos principais rios do PARNASO. Estes lineamentos são marcados por vertentes voltadas ora para sudoeste ora para nordeste (Fig. 3C).

A disposição das curvas de isovalores do mapa de superfícies de base reflete algumas características típicas de áreas que sofreram movimentações tectônicas recentes (Fig. 3D). A análise do mapa de superfícies de base permitiu identificar três regiões com comportamentos anômalos, potencialmente relacionados a movimentações tectônicas recentes:

1) região ao sul da escarpa da Serra dos Órgãos: ocorrem as maiores aproximações de curvas de isobases (750-1.900m). Apresentam orientação NE-SW, com inflexões abruptas que determinam lineamentos de direções N-S, ENE-WSW e NW-SE; distanciamentos localizados ocorrem no intervalo 1.700-1.800m, a norte das cabeceiras do córrego do Sossego e do rio Santo Aleixo, e entre 1.250-1.350/1.550-1.600m, na cabeceira do rio Iconha.

2) extremo sul/sudeste da área de estudo: intercalação de isolinhas mais e menos espaçadas, orientadas segundo a direção NE-SW, sem marcantes inflexões.

3) região noroeste da área de estudo/rio do Bonfim: isolinhas com espaçamentos intermediários, de orientação NE-SW, com marcante inflexão que configura extenso lineamento de direção NW-SE (Fig. 4).

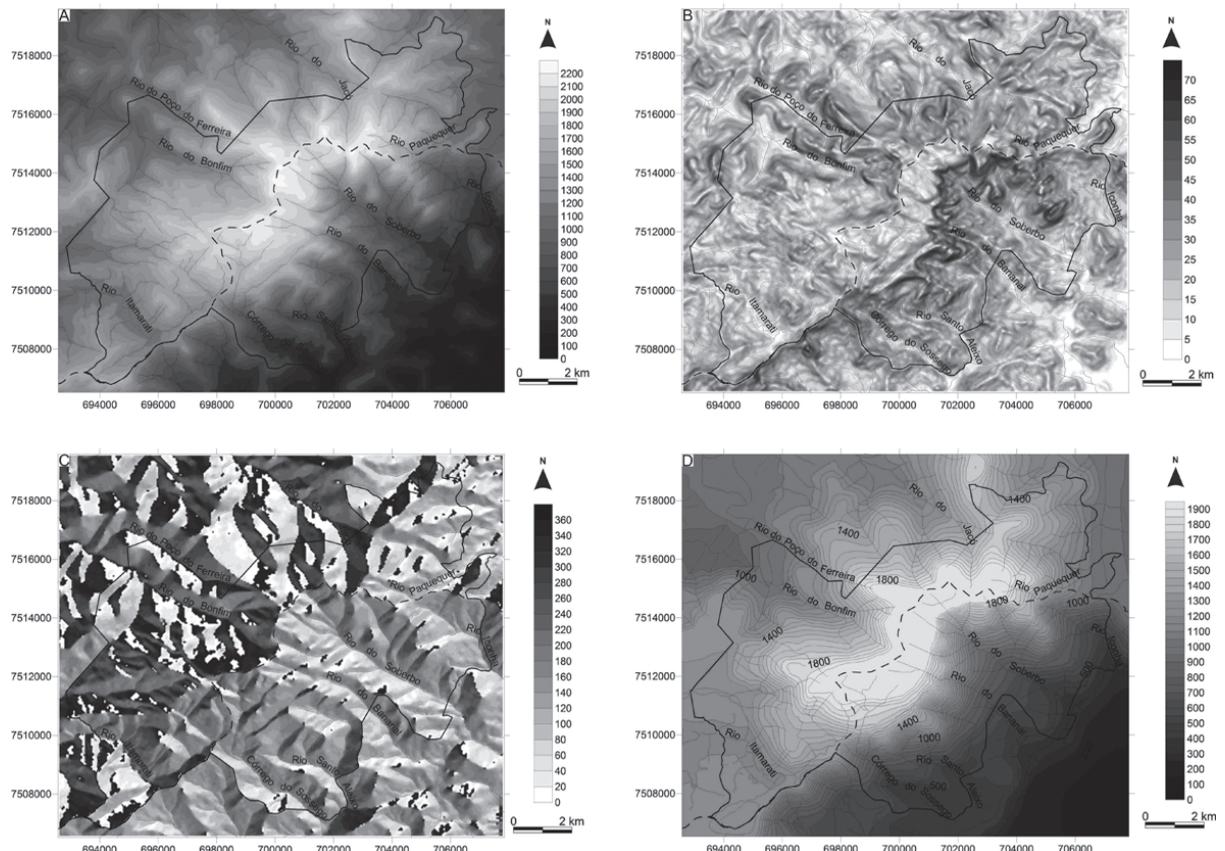


Figura 3 - (A) Mapa hipsométrico (metros), (B) mapa de inclinação do terreno (graus), (C) mapa de orientação de vertentes (azimute), (D) mapa de isobases (metros). A linha contínua corresponde ao limite da área de estudo. A linha tracejada representa o divisor de águas da Serra dos Órgãos. Sistema de coordenadas UTM, Zona 23 K.



Figura 4 - Facetas trapezoidais de orientação NW-SE parcialmente preservadas ao longo do rio do Bonfim, noroeste do PARNASO.

O modelo numérico do terreno produzido a partir da malha de dados do mapa de superfícies de base permitiu uma visualização simplificada do relevo. Entre as feições apresentadas no mapa de isobases, o modelo numérico do terreno realçou: (a) compartimentação da porção sul/sudeste da área estudada em faixas escalonadas com abatimento para sudeste (Fig. 5). Estas faixas são

marcadas por curvas de isovalores menos espaçadas, alinhadas segundo a direção NE-SW, truncadas por inflexões que determinam lineamentos de direção NW-SE, sobretudo ao longo do rio do Soberbo; e (b) extenso planalto nivelado em torno de 2.000m, sobre o qual ocorrem fragmentos de couraça laterítica ferruginosa (Hartwig 2006).

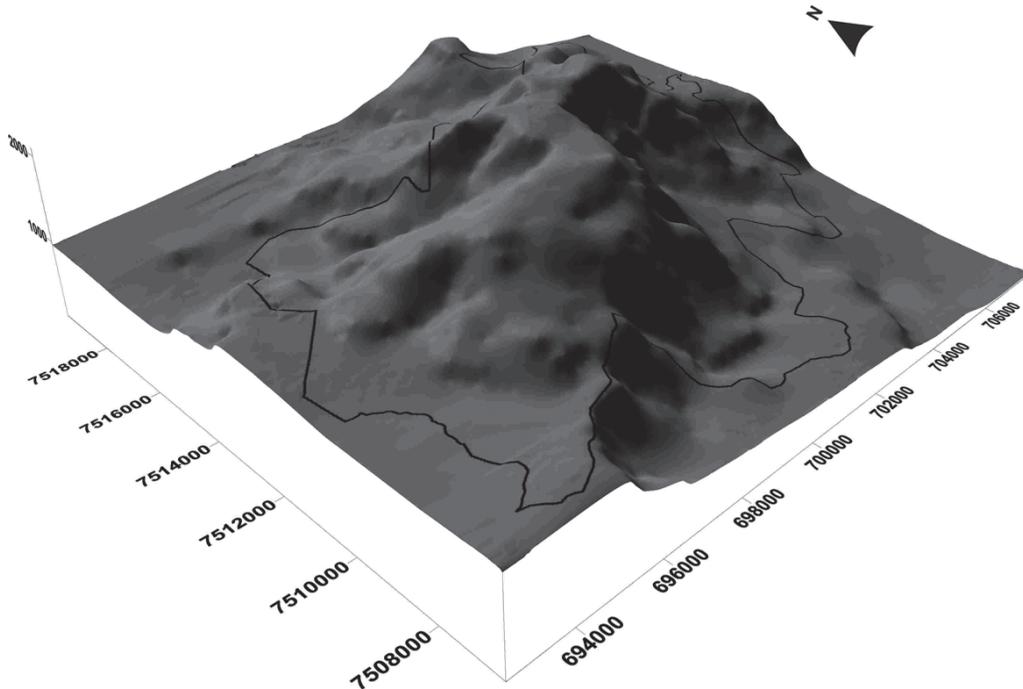


Figura 5 - Modelo Numérico do Terreno (MNT) gerado a partir da malha de dados do mapa de isobases. Iluminação a partir de norte (azimute de iluminação 360°, elevação 45°). A linha contínua corresponde ao limite da área de estudo. Exagero vertical de 1,5 x. Sistema de coordenadas UTM, Zona 23 K.

Valores anômalos de rugosidade de relevo (> 1.21 , Tabela 1) ocorrem em duas regiões, a primeira, ao longo dos rios do Bonfim e do Poço do Ferreira, como faixas orientadas segundo a direção NW-SE, e a segunda, delineando a escarpa da Serra dos Órgãos segundo a direção NE-SW. Valores de baixa rugosidade de relevo (< 1.06 , Tabela 1) ocorrem como pequenas manchas isoladas nas regiões centro-oeste e a jusante dos rios Soberbo e Iconha (Fig. 6A).

No mapa de gradientes hidráulicos, os valores anômalos (> 0.30 , Tabela 1) concentram-se na escarpa da Serra dos Órgãos, orientados segundo NE-SW (Fig. 6B). Anomalias de baixo gradiente hidráulico (< 0.11 , Tabela 1) não foram observadas na área estudada.

Anomalias de alta densidade de drenagem ($> 1.89 \text{ km/km}^2$, Tabela 1) ocorrem como faixas de orientação NW-SE ao longo dos rios do Jacó, Iconha, Soberbo, Bonfim e córrego do Sossego. Subordinadamente, manchas irregulares de orientação NE-SW (Fig. 6C) ocorrem em al-

guns de seus afluentes. Valores de baixa densidade de drenagem ($< 0.85 \text{ km/km}^2$, Tabela 1) ocorrem como manchas ao sul da bacia do rio do Bonfim e no extremo nordeste da área de estudo.

As maiores anomalias de densidade de lineamentos ($> 4.38 \text{ km/km}^2$, Tabela 1) concentram-se nas seguintes regiões: (1) porção centro-leste, representada por uma extensa mancha irregular, ao longo do rio do Soberbo e áreas vizinhas, definida pela intersecção de lineamentos de direções NE-SW, NW-SE e N-S; (2) porção sul, ao longo do rio Santo Aleixo e córrego do Sossego, que representam lineamentos de direção NE-SW e subordinadamente NW-SE; (3) porção sudoeste, onde ocorrem manchas desconectadas marcadas por lineamentos de direção NW-SE e subordinadamente NE-SW; (4) extremo nordeste constituído de uma única anomalia, representada por lineamentos de direção NE-SW. Anomalias de baixa densidade de lineamentos ($< 1.58 \text{ km/km}^2$, Tabela 1) ocorrem a sudoeste do rio do Bonfim (Fig. 6D).

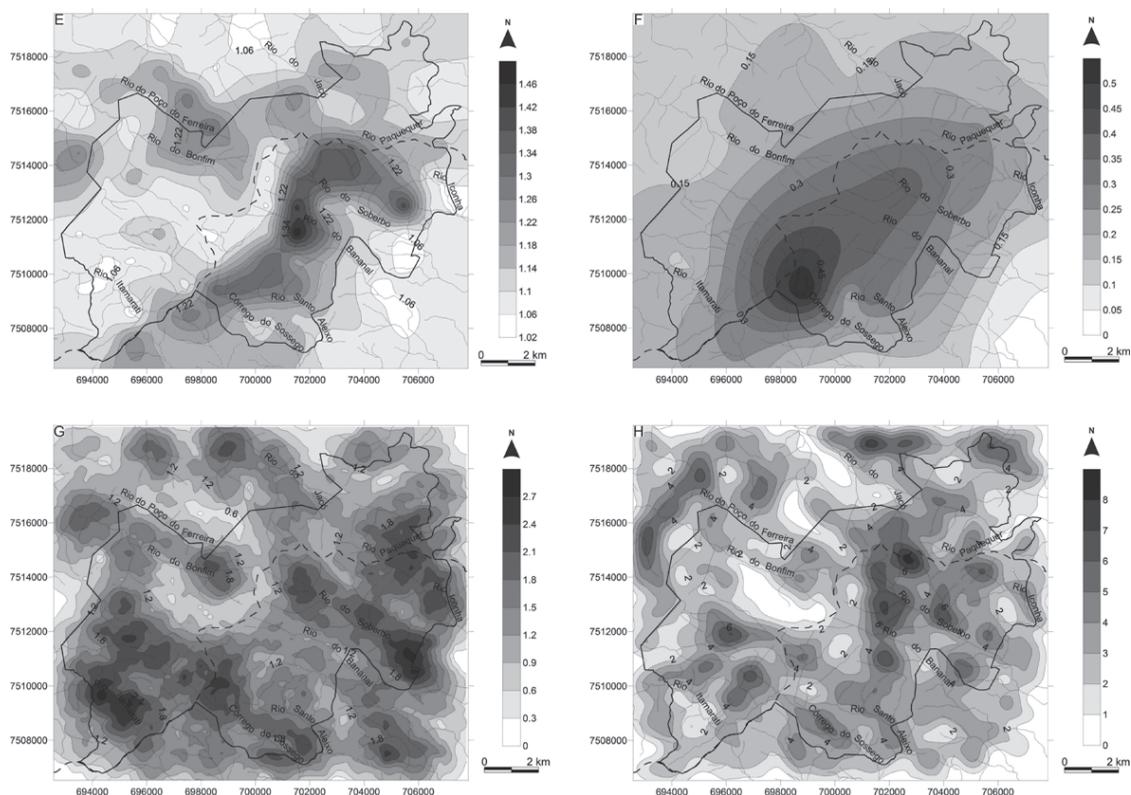


Figura 6 - (A) Mapa de rugosidade de relevo, (B) mapa de gradientes hidráulicos, (C) mapa de densidade de drenagem (km/km^2), (D) mapa de densidade de lineamentos (km/km^2). A linha contínua corresponde ao limite da área de estudo. A linha tracejada representa o divisor de águas da Serra dos Órgãos. Sistema de coordenadas UTM, Zona 23 K.

Discussão

A região ocupada pelo PARNASO mostra acentuada assimetria no relevo, representada, de sul para norte, pela escarpa da Serra dos Órgãos, que apresenta vertentes abruptas voltadas para sudeste, por um extenso planalto, nivelado em torno de 2.000m, do qual sobressaem elevações superiores a 2.200m, e pelo reverso da escarpa da Serra dos Órgãos, que exibe vertentes voltadas para norte. Além destas feições, o PARNASO é atravessado por importantes vales lineares, fortemente entalhados, como os rios do Bonfim, Poço do Ferreira, Bananal, Soberbo e Itamarati, de direção NW-SE, que coincidem com uma importante direção estrutural.

Dentre as superfícies de erosão caracterizadas no sudeste brasileiro é a Sul-Americana (King 1956) ou Japi (Almeida 1964), desenvolvida durante o Cretáceo Superior e o Paleógeno, a mais perfeita e de maior extensão, à qual corresponde um importante nível de correlação regional. Na Serra dos Órgãos existem indícios da presença pretérita de uma superfície de erosão, que nivelou sua cimeira em torno dos 2.000m s.n.m. Os processos erosivos associados à Superfície Sul-Americana na Serra dos Órgãos são interpretados como restritos ao Neocretáceo, em razão de rochas alcalinas efusivas, datadas de $65,65 \pm 0,05$ Ma, que ocorrem so-

bre esta superfície a cerca de 30km ao sul desta serra estarem preservadas (Ferrari *et al.* 2001).

A escarpa da Serra dos Órgãos possui desnível da ordem de 2.000m e está compartimentada em blocos alongados e escalonados, abatidos para sul-sudeste, cuja direção acompanha a orientação ENE das estruturas do embasamento costeiro (Fig. 5). Esta compartimentação encontra correspondência com o evento distensivo eocênico de direção NW-SE (Ferrari 2001, Riccomini *et al.* 2004, Chiessi 2004), gerador do Rift Continental do Sudeste do Brasil (Riccomini 1989). Este evento deslocou uma antiga superfície de erosão, cujos remanescentes correspondem a Superfície Sul-Americana e a fragmentos de crostas lateríticas ferruginosas.

Os principais cursos d'água observados na região do PARNASO definem lineamentos de orientação NW-SE, bem assinalados na maioria dos mapas morfométricos, sugerindo efeito de rejuvenescimento do relevo. Ao longo do rio do Bonfim constatou-se a presença de facetas trapezoidais parcialmente preservadas (Fig. 4), que são feições geomorfológicas indicativas de regiões que sofreram movimentações recentes da crosta (Summerfield 1993). Stewart & Hancock (1990) admitiram que uma escarpa de falha formada em sedimentos consolidados (*piedmont fault scarp*) estaria completamente obliterada no decorrer de 100.000

anos. Entretanto, quando formada sobre rochas do embasamento, este período poderia ser aumentado ou reduzido substancialmente dependendo dos processos de deformação, que modificam a suscetibilidade à erosão. Do exposto, é factível que as facetas trapezoidais observadas ao longo do Rio do Bonfim, bem como os lineamentos de direção NW-SE, nos quais se encaixam os principais rios do PARNASO, estejam relacionadas a um efeito de rejuvenescimento tectônico do relevo em detrimento a condicionantes litológicos. Este rejuvenescimento encontra correspondência ao evento averiguado por Ferrari (2001) no Graben da Guanabara, caracterizado por cisalhamento destal, com binário E-W de idade pleistocênica a holocênica.

Embora a Serra dos Órgãos esteja localizada em uma margem continental passiva, em rochas do embasamento pré-cambriano, é uma das regiões mais acidentadas da costa brasileira, com elevações superiores a 2.200m. Os últimos trabalhos que se propuseram a explicar sua origem e evolução apontaram para um mecanismo de recuo de escarpa (Gallagher *et al.* 1994, Almeida & Carneiro 1998), ou um pulso de rápido soerguimento no final do Cretáceo para a região costeira do sudeste brasileiro (Tello Saenz *et al.* 2003), em resposta à anisotropias do manto (Ferrari 2001, Zalán 2005), seguido de outro pulso durante o Neógeno. Entretanto, os mecanismos e processos envolvidos ainda não foram bem compreendidos.

Conclusão

Os métodos de análise morfométrica empregados no estudo do relevo do Parque Nacional da Serra dos Órgãos permitiram identificar padrões morfométricos anômalos condicionados pela tectônica recente, expressos na rede de drenagem e nas formas de relevo, e que encontram correspondência com dois eventos tectônicos superpostos, de caráter regional. O primeiro teria operado no Eoceno e distinguiu-se por uma distensão NW-SE, considerada como geradora do Rift Continental do Sudeste do Brasil (Riccomini 1989). Sua principal consequência no PARNASO seria a individualização do relevo em blocos alongados e escalonados de orientação ENE abatidos para sul-sudeste, de acordo com o verificado por Chiessi (2004) no Maciço Alcalino de Passa Quatro. Concomitantemente a este abatimento, deu-se a deformação de uma antiga superfície de erosão, que teria nivelado a cimeira da Serra dos Órgãos durante o Neocretáceo. O regime tectônico seguinte, caracterizado por cisalhamento destal, com binário E-W de idade pleistocênica a holocênica (Ferrari 2001), envolveria uma retomada dos processos erosivos, com desenvolvimento de drenagens ao longo de lineamentos de direção NW-SE, hoje realçadas pelas facetas trapezoidais parcialmente preservadas ao longo do Rio do Bonfim.

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, F. F. M.; CARNEIRO, C. D. R. Origem e evolução da Serra do Mar. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 135-150, 1998.
- ALMEIDA, F.F.M. Distribuição regional e relações tectônicas do magmatismo pós-paleozóico no Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 16, n. 4, p. 325-349, 1986.
- ALMEIDA, F. F. M. The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 48 (suplemento), p. 15-26, 1976.
- ALMEIDA, F. F. M. Diferenciação tectônica da Plataforma Brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 23, 1969, Salvador. Anais... Salvador: SBG, 1969. p. 29-46.
- ALMEIDA, F. F. M. Origem e evolução da plataforma brasileira. *Boletim DNPM-DGM*, Rio de Janeiro, v. 241, 36p. 1967.
- ALMEIDA, F. F. M. 1964. Fundamentos geológicos do relevo paulista. São Paulo. *Instituto Geográfico e Geológico*, p. 167-263 (Boletim, 41).
- AMARAL, G. Métodos para a obtenção de informação estrutural em produtos de sensoriamento remoto. *Cadernos-IG/Unicamp*, Campinas, vol. 4, n. 1, p. 98-111, 1994.
- ARAÚJO, C.C.; YAMAMOTO, J.K.; MADRUCCI, V. Análise morfoestrutural em área de ocorrência de arenito asfáltico, Bacia do Paraná, São Paulo. *Revista do Instituto Geológico*, São Paulo, v. 24, n.1/2, p. 25-41, 2003.
- ASMUS, H. E.; FERRARI, A. L. *Hipótese sobre a causa do tectonismo cenozóico na região sudeste do Brasil*. Rio de Janeiro: PETROBRÁS, 1978. p. 75-88. (Série Projeto REMAC, 4).
- CHIESSI, C. M. *Tectônica Cenozóica do maciço alcalino de Passa Quatro (SP-MG-RJ)*. 2004. 116f. Dissertação (mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- DEFFONTAINES, B. Proposition of a morpho-tectonic method: application in the Fougères area, Oriental Britany, France. *Bulletin INQUA*, vol. 12, p. 48-52, 1989.
- FERRARI, A. L. *Evolução tectônica do Gráben da Guanabara*. 2001. 412f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- FERRARI, A.L., RICCOMINI, C., VASCONCELOS, P. Ocorrência de rochas vulcânicas na porção central do Gráben da Guanabara (RJ) e suas implicações para a evolução do relevo no sudeste do Brasil. In: SIMPÓSIO GEOLOGIA DO SUDESTE, 7, 2001, Rio de Janeiro. Boletim de Resumos...Rio de Janeiro: SBG, 2001. p. 82.

- FERRARI, A. L.; MELO, E. F.; VAZ, M. A.; DALCOMO, M. T.; BRENNER, T. L.; SILVA, V. P.; NASSAR, W. N. *Bloco Baía da Guanabara: Folhas Itaboraí, Maricá, Saquarema, e Baía de Guanabara*. Rio de Janeiro: DRM/Geomitec, 1981. Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro. 4 mapas. Escala 1: 50.000.
- GALLAGHER, K.; HAWKESWORTH, C. J.; MANTOVANI, M. S. M. The denudation history of the onshore continental margin of SE Brazil inferred from apatite fission track data. *Journal of Geophysical Research*, v. 99, n° B9, p. 18117-18145, 1994.
- GOLTS, S.; ROSENTHAL, E. A morphometric map of the northern Arava in Israel, derived from isobase lines. *Geomorphology*, vol. 7, p. 305-315, 1993.
- GROHMANN, C. H.; RICCOMINI, C.; ALVES, F. M. SRTM-based morphotectonic analysis of the Poços de Caldas Alkaline Massif, southeastern Brazil. *Computers & Geosciences*, vol. 33, p. 10-19, 2007.
- HARTWIG, M. E. *Tectônica rúptil mesozóico-cenozóica na região da Serra dos Órgãos, RJ*. 2006. 117p. Dissertação (mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- HASUI, Y. & OLIVEIRA, M. A. F. Província Mantiqueira – Setor Central. In: ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y (Ed.). *O pré-cambriano do Brasil*. São Paulo: Edgard Blucher, 1984. p. 308-344.
- HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; COIMBRA, A. M. The Ribeira Folded Belt. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 5, p. 257-266, 1975.
- HEILBRON, M. & MACHADO, N. Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic-Eopaleozoic Ribeira orogen (SE Brazil). *Precambrian Research*, Amsterdam, v.125, p. 87-112, 2003.
- HIRUMA, S. T. *Neotectônica no planalto de Campos do Jordão, SP*. 1999. 102p. Dissertação (mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- HIRUMA, S. T.; RICCOMINI, C. Análise morfométrica em neotectônica: o exemplo do Planalto de Campos do Jordão, SP. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, vol. 31, n. 3, p. 375-384, 1999.
- HIRUMA, S. T.; PONÇANO, W. L. Densidade de drenagem e sua relação com fatores geomorfo-pedológicos na área do Alto Rio Pardo, SP e MG. *Revista do Instituto Geológico*, São Paulo, vol. 15, n. 1/2, p. 49-57, 1994.
- HOBSON, R. D. Surface roughness in topography: quantitative approach. In: CHORLEY, R. J. (Ed.). *Spatial analysis in geomorphology*. London: Methuen, 1972. p. 225-245.
- HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative geomorphology. *Geological Society of American Bulletin*, vol. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.
- JIANJUN, H.; MUKANG, H.; OLLIER, C. D. A morphometric method to determine neotectonic activity of the Weihe Basin in northwestern China. *Episodes*, vol. 20, n. 2, p. 95-99, 1997.
- KELLER, E. A.; PINTER, N. Active Tectonics. Earthquakes, uplift and landscape. New Jersey: Prentice Hall, 1996. 338p.
- KING, L. Geomorfologia do Brasil Oriental. *Revista Brasileira de Geografia*, n. 18, p. 147-266, 1956.
- LIU, C. C. A geologia estrutural do Estado do Rio de Janeiro vista através de imagens MMS do Landsat. In: SIMPÓSIO REGIONAL RJ-ES, 1, 1987, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: SBG, 1987, p. 164-188.
- MELO, M. S.; RICCOMINI, C.; HASUI, Y.; ALMEIDA, F. F. M.; COIMBRA, A. M. Geologia e evolução do Sistema de Bacias Tafrogênicas Continentais do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 15, n. 3. p. 193-201, 1985.
- PENHA, H.; FERRARI, A. L.; JUNHO, M. C. B.; SOUZA, S. L. A.; BRENNER, T. L. *Projeto Folha Itaipava*. Rio de Janeiro: DRM/UFRJ, 1981. Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro. 1 mapa. Escala 1: 50.000.
- PENHA, H.; FERRARI, A. L.; RIBEIRO, A.; AMADOR, E. S.; PENTAGNA, F. V.; JUNHO, M. C. B.; BRENNER, T. L. *Projeto Folha Petrópolis*. Rio de Janeiro: DRM/UFRJ, 1979. Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro. 1 mapa. Escala 1:50.000.
- PINTO, C. P.; SERPA, J. C.; DUTRA, J. E. B.; HETTICH, M.; ANDRADE, N. T. *Folhas Anta, Duas Barras, Teresópolis e Nova Friburgo*. Rio de Janeiro: DRM/Geosol, 1980. Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro. 1 mapa. Escala 1:50.000.
- RIBEIRO, A. C.; LIMA, F. C. T.; RICCOMINI, C.; MENEZES, N. A. Fishes of the Atlantic Rainforest of Boracéia: testimonies of the Quaternary fault reactivation within a Neoproterozoic tectonic province in Southeastern Brazil. *Ichthyol. Explor. Freshwaters*, vol. 17, n. 2, p. 157-164, 2006.
- RICCOMINI, C. *O Rift continental do sudeste do Brasil*. 1989. 256f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.
- RICCOMINI, C.; VELÁSQUEZ, V. F.; GOMES, C. B. Tectonic controls of the mesozoic and cenozoic alkaline

- magmatism in central-southeastern Brazilian Platform. In: COMIM-CHIARAMONTI, P. & GOMES, C. B. (Eds.). *Mesozoic to Cenozoic alkaline magmatism in the Brazilian Platform*. São Paulo: Edusp/Fapesp, 2005. 750p.
- RICCOMINI, C.; SANT'ANA, L. G.; FERRARI, A. L. Evolução geológica do Rift Continental do Sudeste do Brasil. In: MANTESSO-NETO et al. (Coords.). *Geologia do Continente Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca, 2004. p. 383-405.
- RICCOMINI, C.; CRÓSTA, A. P. Análise preliminar de lineamentos em imagens de sensores remotos aplicada à prospecção mineral na área dos granitóides Mandira, SP. *Boletim IG-USP, Série Científica*, São Paulo, vol. 19, p. 23-37, 1988.
- RODRIGUEZ, S. K. 1993. Neotectônica e sedimentação quaternária na região da "Volta Grande" do rio Xingu, Altamira, Pará. São Paulo, 106p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- RUELLAN, F. A evolução geomorfológica da Baía da Guanabara e das regiões vizinhas. *Revista Brasileira de Geografia*, n. 4, p. 445-508, 1944.
- SALVADOR, E. D.; RICCOMINI, C. Neotectônica da região do Alto Estrutural de Queluz (SP-RJ, Brasil). *Revista Brasileira de Geociências*, vol. 25, n. 3, p. 151-164, 1995.
- SCHÄFFER, W. B.; PROCHNOW, M. A Mata Atlântica e Você. Brasília: APREMAVI, 2002. 155p.
- STEWART, I. S. & HANCOCK, P. L. Neotectonics. In: HANCOCK, P. L. (Ed.) *Continental Deformation*. Oxford: Pergamon Press, 1994. p. 370-409.
- STEWART, I. S. & HANCOCK, P. L. What is a fault scarp? *Episodes*, vol.13, n. 4, p. 256-263, 1990.
- STRAHLER, A. N. Dynamic basis of geomorphology. *Geological Society American Bulletin*, vol. 63, p. 923-938, 1952.
- SUMMERFIELD, M. A. Global Geomorphology: an introduction to the study of landforms. New York: Longman Scientific & Technical, 1993. 537p.
- SYLVESTER, G. A. Strike-slip faults. *Geological Society of American Bulletin*, v. 100, p. 1666-1703, 1988.
- TELLO SAENZ, C. A.; HACKSPACHER, P. C.; HADLER NETO, J. C.; IUNES, P. J.; GUEDES, S.; RIBEIRO, L. F. B.; PAULO, S. R. 2003. Recognition of Cretaceous, Paleocene and Neogene tectonic reactivation through apatite fission-track analysis in Precambrian areas of southeast Brazil: association with the opening of the south Atlantic Ocean. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 15, p. 765-774.
- TROUW, R.A.J.; HEILBRON, M.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.; VALERIANO, C.M.; ALMEIDA, J.C.H.; TUPINAMBÁ, M.; ANDREIS, R.R. The Central Segment of the Ribeira Belt. In: CORDANI, U. G.; MILANI, E. J.; THOMAS FILHO, A.; CAMPOS, D. A. (Eds.). *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro, 31st International Geological Congress. 2000. p. 287-310.
- ZÁLAN, P. V. Origem e evolução estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, v. 13, n. 2, p. 269-300, 2005.
- ZALÁN, P. V. Evolução Fanerozóica das Bacias Sedimentares Brasileiras. In: MANTESSO-NETO et al. (Coords.). *Geologia do Continente Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca, 2004. p. 595-612.
- ZUCHIEWICZ, W. On different approaches to Neotectonics: a Polish Carpathians example. *Episodes*, vol. 14, n. 2, p. 116-124, 1991.
- ZUCHIEWICZ, W.; OAKS JR., R. Q. Geomorphology and structure of the Bear River Range, northern eastern Utah: a morphometric approach. *Zeitschrift für Geomorphologie*, vol. 94 (supplement), p. 41-55, 1993.