

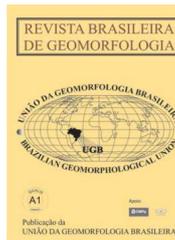


www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 18, nº 3 (2017)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v18i3.1118>



O HORST DA MANTIQUEIRA MERIDIONAL: PROPOSTA DE COMPARTIMENTAÇÃO MORFOESTRUTURAL PARA SUA PORÇÃO MINEIRA

MERIDIONAL MANTIQUEIRA HORST: A PROPOSAL OF MORPHOSTRUCTURAL COMPARTMENTALIZATION FOR ITS PORTION IN MINAS GERAIS

Roberto Marques Neto

*Departamento de Geociências, Universidade Federal de Juiz de Fora
Rua José Lourenço Kelmer, s/n, Juiz de Fora, Minas Gerais. CEP: 36036-900. Brasil
Email: roberto.marques@ufjf.edu.br*

Informações sobre o Artigo

Recebido (Received):
04/04/2017
Aceito (Accepted):
01/06/2017

Palavras-chave:

Horst Da Mantiqueira
Meridional; Compartimentação
Morfoestrutural; Níveis de Base.

Keywords:

Meridional Mantiqueira
Horst; Morphostructural
Compartmentalization; Base
Levels.

Resumo:

A Mantiqueira Meridional perfaz o sistema orográfico contínuo mais elevado de todo o Brasil Oriental. Sua gênese está ligada à reativação tectônica que acometeu a Plataforma Brasileira entre o Cretáceo e o Paleógeno orquestrada pela separação da paleoplaca Afro-brasileira e processos geodinâmicos associados, com posteriores reativações vinculadas à dinâmica neotectônica intraplaca e outros efeitos diastróficos oriundos de tectônica ressurgente e ativa. Dessa forma, a compartimentação morfoestrutural da Serra da Mantiqueira integra uma série de feições passivas a um vasto rol de evidências de controle morfotectônico sobrepostos às estruturas preexistentes. O presente artigo consiste numa proposta de compartimentação morfoestrutural para a porção da Mantiqueira Meridional contida no estado de Minas Gerais, enfatizando o controle morfoestrutural, o papel dos níveis de base regionais, e as estruturas tectônicas ativas afetando os diferentes compartimentos discernidos. A análise integrada entre os litotipos, os lineamentos estruturais, a rede de drenagem e os padrões de formas de relevo discerniu os seguintes compartimentos morfoestruturais: Patamares de Cimeira da Mantiqueira (desmembrados em sete subcompartimentos), Patamares Escalonados da Mantiqueira (dois subcompartimentos), Cristas Quartzíticas Festonadas e Rebordos Erosivos Dissecados.

Abstract:

Meridional Mantiqueira makes up the most elevated continuous orographic system of the entire Oriental Brazil. Its genesis is linked to the tectonic reactivation that affected the Brazilian Platform between the Cretaceous and the Paleogene guided by the separation of the Afro-Brazilian paleoplate and associated geodynamic processes with posterior reactivation linked to the neotectonic intraplate dynamics and other diastrophic effects arising from the resurgent and active tectonic. In this way the morphostructural compartmentalization of Serra da Mantiqueira integrates a series of passive features to a vast list of evidences of morphotectonic control superposed to the

preexisting structures. The present article consists in a proposal of morphostructural compartmentalization for the portion of Meridional Mantiqueira contained in the state of Minas Gerais emphasizing the morphostructural control, the role of the regional levels of basis and the role of the active tectonic structures affecting the different compartments discerned. The integrate analysis between litotips, structural lineament, drainage network and the of relief shape patterns discerned the following morphostructural landforms: Mantiqueira Summit Levels (dismembered in seven subcompartments), Mantiqueira Scaled Levels (two subcompartments), Quartzitic Crests Festonated and Dissected Erosive Edges.

Introdução

A emergência da Serra da Mantiqueira após a transposição da Serra do Mar, avistada a partir do vale do rio Paraíba do Sul, chamou a atenção dos primeiros cronistas e naturalistas viajantes que percorreram as terras altas do Brasil Sudeste e imediações. Os maciços intrusivos em nefelina-sienitos de Itatiaia e Passa Quatro, por exemplo, foram referências permanentes para bandeirantes e outras entradas pioneiras incursionadas durante o período colonial. Doravante, já nos tempos oitocentistas do Brasil Império, comitivas encabeçadas por cientistas europeus fizeram importantes investidas científicas pelos planaltos elevados do sudeste brasileiro, conforme consta nas narrativas da dupla Von Martius e Von Spix, bem como de Auguste Saint Hilaire, cujo diário de campo remete, inclusive, a pontos bem específicos de coleta de material botânico, a exemplo da Serra Negra e do Ibitipoca, na Zona da Mata Mineira.

No contexto da Geografia, mais especificamente no campo da geomorfologia e suas interfaces, a região da Serra da Mantiqueira foi alvo de uma série de estudos sistemáticos. Em meados do século passado, pesquisas originais em sua época acerca da evolução do relevo e da paisagem na Serra da Mantiqueira foram trazidas a público (DE MARTONNE, 1943; FREITAS, 1951; RAYNALL, 1960; LEHMANN, 1960; PENALVA, 1967). Subsequentemente, uma série de estudos se projetou em demanda ao contexto da Serra da Mantiqueira. Aspectos da evolução cenozoica do relevo foram estudados a partir da interpretação dos depósitos correlativos e geoformas associadas (MODENESI, 1992; MODENESI & TOLEDO, 1993; MODENESI-GAUTTIERI & NUNES, 1998), de análises palinológicas (LIMA e AMADOR, 1985; LIMA e MELO, 2013), bem como pelo prisma da morfotectônica (RIBEIRO, 1996; SANTOS, 1999; GONTIJO, 1999; RIBEIRO, 2003; CHIESSI, 2004; HIRUMA, 2007; MARQUES NETO, 2012).

A Serra da Mantiqueira compreende uma região geomorfológica de gênese eminentemente tectônica sob a influência do Rifte Continental do Sudeste do Brasil

(RICCOMINI, 1989). A tectônica distensiva forjada pelo rifteamento crustal se desdobrou na abertura do Atlântico Sul, em intrusões alcalinas pontuais e em extensivo magmatismo basáltico-toleítico, além da tafrogenia na fachada atlântica influenciada pelo rifte, com soerguimento dos *horsts* da Serra do Mar e Mantiqueira e abatimento do bloco dissecado pelo rio Paraíba do Sul e afluentes. O presente estudo abrange a região da Mantiqueira Meridional (figura 1), estabelecida na compartimentação definida pelo Projeto RADAMBRASIL (GATTO *et al.* 1983), e assume o objetivo de apresentar uma proposta de compartimentação morfoestrutural em sua porção contida no estado de Minas Gerais, o que se justifica pela ausência de proposições desta ordem estabelecidas no âmbito regional, bem como pelo caráter refutável de proposições pregressas estabelecidas em escalas muito pequenas, em tempos nos quais as informações de cunho geomorfológico e estrutural ainda eram restritas.

Materiais e Métodos

Os métodos utilizados no presente trabalho podem ser sumarizados na seguinte sequência: (1) definição da escala de interpretação e delimitação da área de estudo; (2) organização da base de dados (base planialtimétrica, produtos de sensoriamento remoto, base geológica, rede de drenagem; (3) traçado da compartimentação geomorfológica; (4) extração de lineamentos estruturais em imagens de modelos digitais; (5) elaboração da compartimentação morfoestrutural a partir das correlações entre a geologia, os lineamentos, a disposição da drenagem e os padrões de formas de relevo. A sequência de procedimentos elencada permitiu o estabelecimento de uma nova proposição de compartimentação morfoestrutural da Mantiqueira Meridional para uma melhor compreensão do quadro geomorfológico regional, fundamentalmente no setor sul do estado de Minas Gerais. Para tanto, as expedições de campo foram levadas a efeito transversalmente às fases metodológicas enumeradas, tendo sido de grande valia na interpretação e delimitação dos compartimentos.

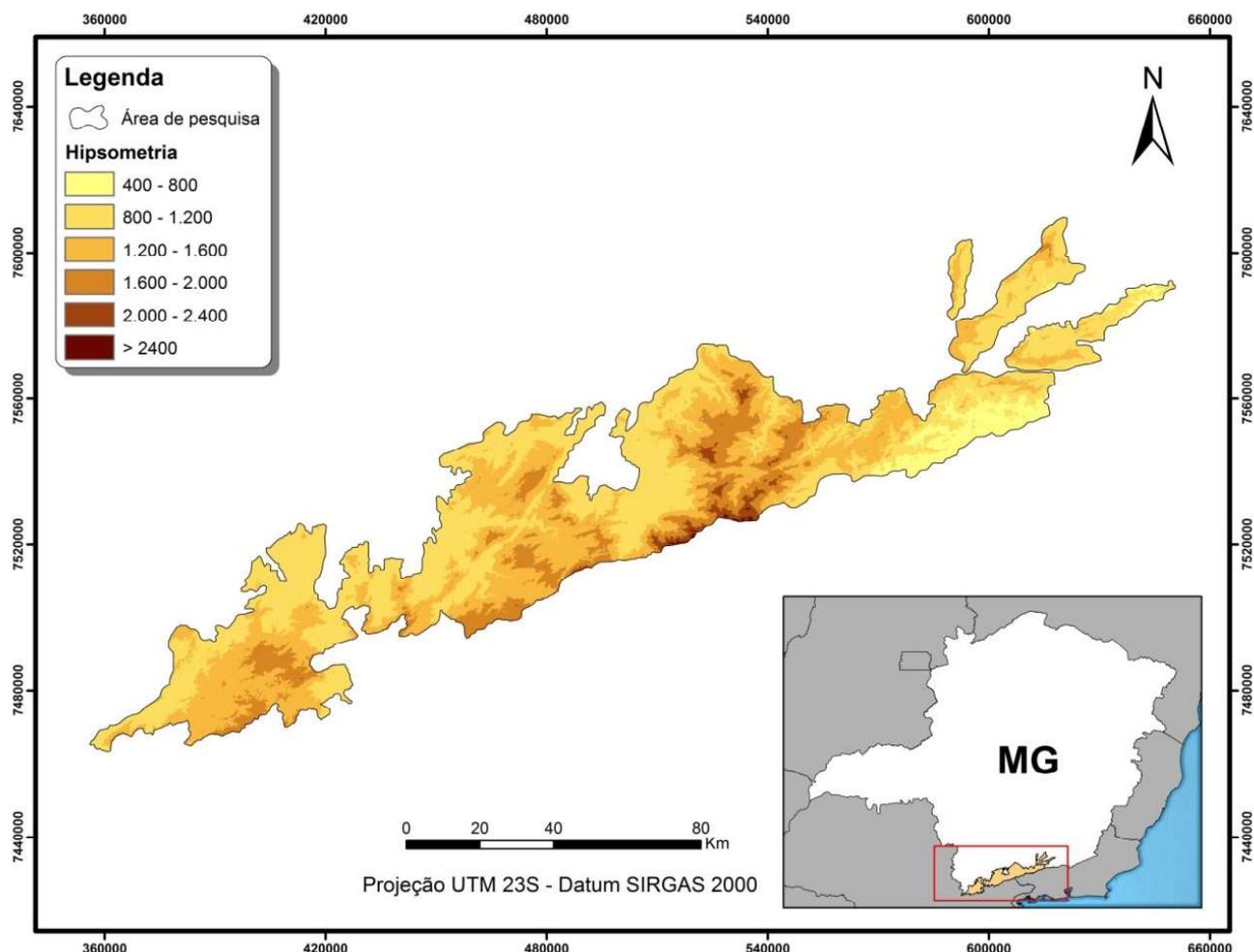


Figura 1 - Localização da Mantiqueira Meridional do estado de Minas Gerais.

A expressão regional da área que se pretendeu melhor compreender sugeriu a adoção da escala de 1/250.000; nessa grandeza escalar foi levado a efeito todo o rol de interpretações e elaborações de materiais cartográficos, definindo, por conseguinte, a escala em que se apresenta a compartimentação morfoestrutural. As folhas topográficas na escala mencionada foram obtidas através de download feito diretamente no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (www.ibge.gov.br), quais sejam: Volta Redonda (SF-23-Z-A), Guaratinguetá (SF-23-Y-B), Barbacena (SF-23-X-C) e Juiz de Fora (SF-23-X-D). Os produtos de sensoriamento remoto foram captados no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (www.inpe.gov.br), ambiente que forneceu imagens de satélite TM-LANDSAT (bandas 5, 4, 3) e as imagens de radar da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*).

Quanto à base geológica, utilizou-se o projeto

da CPRM (Folha Rio de Janeiro, SF-23) em escala de 1/1.000.000 (BRASIL, 2004), sobre a qual foi inserida a área de estudo para geração de uma carta litológica elaborada em software ArcGIS. Limitações impostas pela ausência de mapeamentos sistemáticos em escalas mais detalhadas foram minimizadas com a consulta de outros levantamentos que cobrem parcialmente a área de estudo, enfaticamente o Projeto Sul de Minas (SOARES *et al.* 2002).

A compartimentação geomorfológica teve como unidade fundamental os *padrões de formas semelhantes* (sensu ROSS, 1992), e foi estabelecida nas imagens de satélite e nas folhas topográficas. Primeiramente, a separação dos compartimentos cuja distinção é mais explícita foi executada nas imagens de satélite a partir dos elementos texturais, o que permitiu delimitar conjuntos de cristas, intrusões alcalinas, conjuntos de morros, etc. Simultaneamente foram geradas as cartas clinográfica e

hipsométrica em ambiente ArcGIS para melhor entendimento e visualização da organização geomorfológica. O trato morfométrico foi completado com a mensuração da profundidade de dissecação, levada a efeito sobre as folhas topográficas a partir dos desníveis existentes entre topos e linhas interfluviais e a altimetria do fundo do vale. A declividade e a profundidade de dissecação foram relacionadas para fins de auxílio no estabelecimento da nomenclatura dos modelados de dissecação, conforme aplicado por Ponçano *et al.* (1981). Por fim, foram diferenciados os padrões de formas a partir de seus tipos genéticos, definidos por modelados de agradação (A), modelados de dissecação em controle estrutural (DE) e modelados de dissecação homogênea (D). Tais representações cartográficas intermediárias, em função do espaço demasiado que ocupariam, não foram apresentadas no corpo do trabalho, que priorizou a publicação dos lineamentos junto à compartimentação morfoestrutural.

Os lineamentos foram extraídos para o relevo e drenagem a partir de imagens SRTM em relevo sombreado, procedimento executado em quatro ângulos de iluminação azimutal (45°, 90°, 315° e 360°), posto que cada um deles realça determinadas orientações em detrimento de outras; ainda, a extração em diferentes ângulos minimiza o efeito de sombra e evita interpretações enviesadas. Foram geradas rosetas de frequência para o relevo e drenagem com intervalos angulares de 10° utilizando-se do programa GEOorient©. Os documentos cartográficos foram digitalizados em software Cad e posteriormente georreferenciados em ArcGIS.

As informações geomorfológicas e litoestruturais de base foram correlacionadas, adotando-se tanto a interpretação individual dos documentos cartográficos prévios como a sobreposição entre o relevo, a litologia, os lineamentos e a rede de drenagem, além das campanhas sistemáticas de campo. Foram então delimitados os compartimentos morfoestruturais regionais, dissociados em subcompartimentos cuja interpretação permite uma melhor articulação entre a organização geomorfológica regional e comportamentos geodinâmicos e erosivos de expressão mais topológica. A representação cartográfica da compartimentação morfoestrutural proposta também se deu na escala de 1/250.000, conforme as rotinas digitais já mencionadas.

A Mantiqueira Meridional no contexto das faixas remobilizadas do Brasil Sudeste

A unidade dada pela Serra da Mantiqueira é dissociada por GATTO *et al.* (1983) segundo duas regiões geomorfológicas: Mantiqueira Meridional e Mantiqueira Setentrional.

A designada Mantiqueira Setentrional abrange uma área de aproximadamente 36.000 km² pelos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, e se dissocia em três unidades: Patamares Escalonados do Sul Capixaba, Maciços do Caparaó e Serranias da Zona da Mata Mineira (GATTO *et al.*, 1983). Malgrado o contexto regional ter sido acometido pelos efeitos de reativação tectônica que foram engendrados pelo sistema rifte continental do sudeste do Brasil (sensu RICCOMINI, 1989), esta região da Serra da Mantiqueira encontra-se excessivamente erodida e festonada pela passagem dos rios Pomba e Muriaé, sobretudo, tributários do rio Paraíba do Sul em níveis altimétricos inferiores a 100 metros. À jusante dos pontos de afluência o tronco coletor principal transfere o caudal em demanda ao nível de base oceânico mediante gradiente baixo.

Conectadas diretamente ao nível de base geral, as bacias de drenagem que dissecam a Mantiqueira Setentrional assumem assim acentuada agressividade erosiva responsável por um rebaixamento generalizado do relevo (VALADÃO, 1998, 2009) acompanhado de contundente homogeneização da dissecação e convexação das formas, o que resultou em um caráter mais residual aos modelados de dissecação em controle estrutural, como os pilares tectônicos da Serra do Relógio e da Boa Vista. Ademais, compartimentos de altimetria de destaque avultam apenas nos *horts* do Caparaó e da Serra do Brigadeiro, interceptados por bloco rebaixado dissecado pelo rio Carangola, nível de base funcional que acolhe a drenagem proveniente das vertentes oeste e leste dos anticlinais, respectivamente. Dessa forma, embora heranças estruturais marcadas por alinhamentos de orientação NE-SW atestem reativação de falhas pré-cambrianas e/ou nucleações geneticamente vinculadas ao sistema rifte, as evidências no relevo são mais restritas em comparação ao ramo meridional da Mantiqueira.

Indubitavelmente, a Mantiqueira Meridional é o contexto que perfaz a tipicidade máxima dessa região geomorfológica, a despeito de uma menor área em comparação ao contexto setentrional (13.176 km²). De acordo com a proposição do projeto RADAMBRASIL (GATTO *et al.*, 1983), subdivide-se em duas unidades geomorfoló-

gicas fundamentais designadas por Planalto de Campos do Jordão e Planalto do Itatiaia. É no âmbito da Mantiqueira Meridional que emergem as sequências de cristas elevadas com declives íngremes e talhadas em taludes e escarpas de falha, copiosamente facetadas e preservadas a despeito da sua localização em um cinturão quente e úmido. As altas cristas escalonadas e morros profundamente dissecados encarceram vales confinados em agudo entalhe vertical, encerrando um conjunto de parâmetros geomorfométricos (declive das encostas, desníveis locais, alta densidade de drenagem e dissecação vertical significativa) definidor de um sistema geomorfológico caracterizado por elevada energia, no qual processos físicos agudos como corridas, escorregamentos e queda de blocos são copiosos. Na Mantiqueira Meridional as evidências de influências morfotectônicas na evolução do relevo também são deveras contundentes, e aparecem impressas no relevo e na drenagem mediante variadas feições (facetadas triangulares a trapezoidais, capturas fluviais, arqueamento e deformação de terraços, construção de diques marginais descontínuos, capturas fluviais, migração lateral de canais, desenvolvimento conspicuo de saltos e corredeiras, profunda incisão vertical, modificação nos padrões básicos de drenagem, etc).

A rede de drenagem que diseca a Mantiqueira Meridional, diferentemente de seu ramo mais a norte, não se conecta diretamente ao Oceano Atlântico, o que se deve a questões atreladas a sua própria gênese. O contexto geodinâmico em questão está diretamente ligado à tectônica que gerou os *horsts* da Serra da Mantiqueira e da Serra do Mar e o *gráben* do rio Paraíba do Sul, bem como ao basculamento que reorientou a drenagem para o interior do continente em direção à calha do rio Paraná, o que impôs uma drenagem com dois níveis de base regionais posicionados consideravelmente acima do nível do mar. A leste, este nível de base intermediário é dado pelo rio Paraíba do Sul; a oeste, mais no interior do continente, um nível de base regional é definido na zona marcada pela confluência dos rios Sapucaí e Verde no rio Grande, atualmente niveladas pela lâmina d'água da represa de Furnas. Tal processo resultou, conjuntamente a esforços deformacionais neotectônicos mais contundentes explorando as zonas de cisalhamento preexistentes, em acentuado desnivelamento em relação ao compartimento setentrional, ficando a porção meridional distintamente mais elevada de forma contínua em praticamente toda sua extensão, ainda que subnivelada em função de soerguimentos diferenciais de blocos.

Resultados e Discussão

Os lineamentos

As principais zonas de cisalhamento regionais reativadas durante o rifteamento plataformal que acometeu o interior da placa (rifte Sudeste) obedecem a uma orientação geral ENE-SSW e são visíveis nos lineamentos de maior extensão, correspondendo aos principais alinhamentos de cristas elevadas que perfazem os compartimentos de cimeira da Serra da Mantiqueira, orientação esta que tem projeção na direção norte pelos domínios setentrionais mais erodidos e a leste ao longo do vale do rio Paraíba do Sul e da Serra do Mar. Afetam litotipos diversos pertencentes predominantemente ao Complexo Mantiqueira e aos agrupamentos metamórficos supracrustais proterozoicos pertencentes à Megassequência Andrelândia, além de rochas ígneas neocretáceas registradas nos corpos intrusivos em nefelina-sienitos de Itatiaia e Passa Quatro (SOARES *et al.* 2002). Em termos de valores absolutos, a roseta revela o aumento das concentrações de orientações a partir do intervalo angular 110-120°, com auge destacado entre 140-150°, direções dominantes das altas cristas NE-SW e de uma série de morros alinhados na referida direção (figura 2).

Quando se olha para os lineamentos de drenagem (figura 3), o que se visualiza é uma maior distribuição nas direções, com um número expressivo adequado aos intervalos angulares que definem orientação geral NE-SW, mas também uma farta concentração definidora de orientações NW-SE. As primeiras revelam os canais fluviais submetidos a controle estrutural que se adaptaram às estruturas geomorfológicas reativadas, como o rio Aiuruoca e o próprio rio Grande em seu alto curso, ao passo que o segundo padrão de concentração mostra a orientação da drenagem invertida a partir do basculamento que soergueu a Mantiqueira Meridional, podendo também corresponder em parte a falhas antitéticas de menor desenvolvimento vinculadas à reativação das estruturas NE-SW. São visualizadas em importantes rios cujas bacias de drenagem também foram estruturadas no Paleógeno com o soerguimento do *horst* e inversão da drenagem. Adéquam-se a este grupo rios igualmente importantes, como o Verde, Sapucaí e Camanducaia. Canais de orientação E-W e alguns segmentos N-S aparecem contundentemente sobrepostos a esta configuração mais antiga, e correspondem a canais afluentes dos cursos principais cujas bacias de drenagem devem ter tido suas estruturações interfluviais definidas em tempos mais recentes, temporalmente posicionados no período neotectônico.

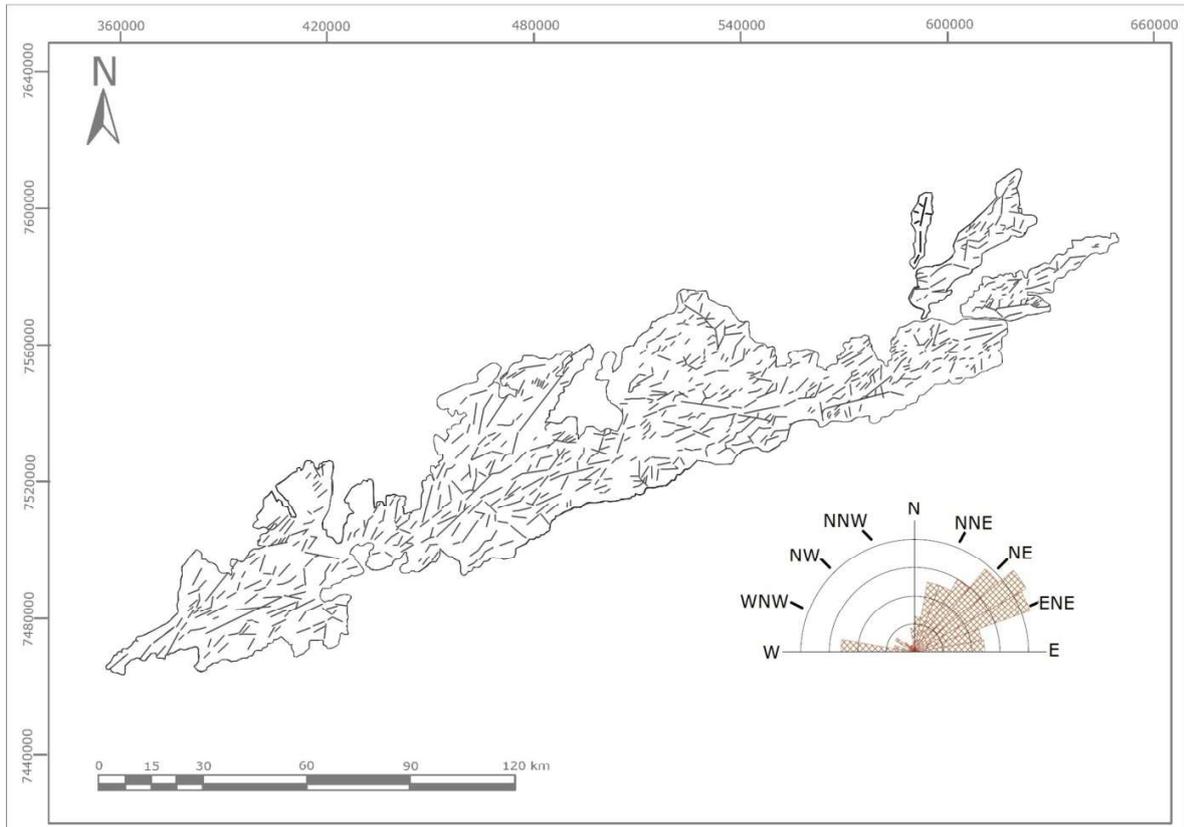


Figura 2. Lineamentos de relevo extraídos para a porção mineira da Mantiqueira Meridional.

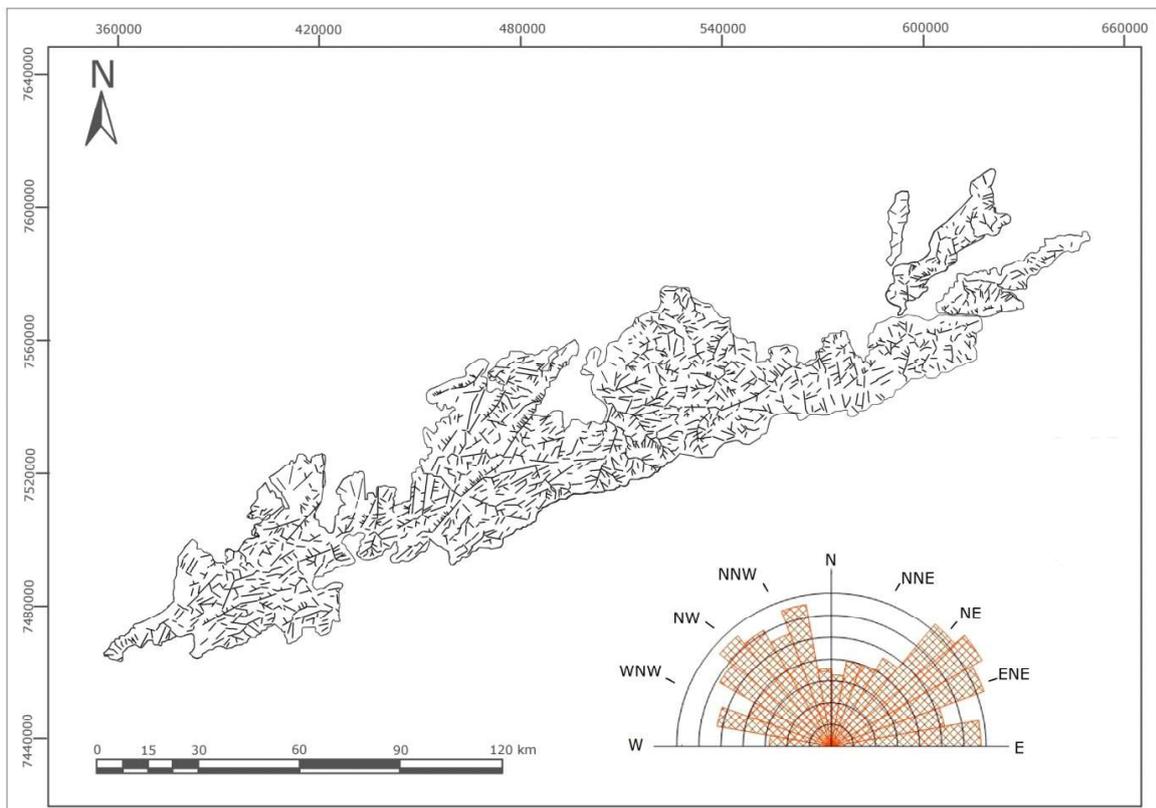


Figura 3. Lineamentos da drenagem extraídos para a porção mineira da Mantiqueira Meridional.

Tanto a tectônica neogênica como os efeitos diastróficos inerentes a uma tectônica ativa tem influenciado a evolução morfológica da Serra da Mantiqueira, afetando os compartimentos mais elevados nos quais se localizam os principais limites interfluviais, bem como os patamares escalonados em morrarias e baixas cristas. Esta configuração pode ser constatada através de falhas em coberturas de alteração e terraços soerguidos em relação às planícies ativas, cujos materiais são cronocorrelatos ao Pleistoceno Superior, conforme revelado nas datações por Luminescência Opticamente Estimulada (LOE), apresentadas por Marques Neto (2012). Sobre isso, Burbank e Anderson (2007) asseveram que, quando rios cortam falhas ativas, os mesmos tendem a sofrer progressivo deslocamento, sendo a idade e altura dos terraços geralmente correlatos à magnitude de tal deslocamento. Ainda, falhas transcorrentes engendram *shutter ridges* e provocam desvios locais nos divisores, e o soerguimento diferencial de blocos desencadeia intensos processos de captura em linhas interfluviais, bem como na dinâmica erosiva e deposicional, evidências estas já apresentadas por Gontijo (1999) no contexto dos domínios montanhosos tropicais. Muitos dos segmentos N-S e E-W se vinculam a transcorrências predominantemente destrais de origem neotectônica, sendo esta última coincidente com a direção de tensão atual apontada para a região na compilação de Zoback *et al.* (1989). As referidas tensões recentes também foram pontuadas na região por Heidbach e Höhne (2007) e Morales *et al.* (2014).

Elementos da gênese tectônica da Serra da Mantiqueira tem expressão geomorfológica na paisagem, e constituem estruturas relativamente antigas, emolduradas em falhas normais reativadas, em corpos graníticos tardi-tectônicos ou em batólitos que intrudiram a crosta pré-cambriana a partir de tempos neocretáceos. Sobre estas estruturas sobrepõem-se feições mais recentes geradas a partir de campos de tensão neogênicos, e as próprias estruturas antigas não tem apresentado comportamento passivo, mantendo cristas facetadas em trapézios e triângulos (quando não se encontram em alinhamentos contínuos preservados da erosão remontante), vales profundos, escalonamentos afetando coberturas quaternárias, e outras evidências de tectônica ativa.

A evolução morfológica da Serra da Mantiqueira constitui, portanto, um contexto no qual várias assinaturas tectônicas afetaram a região desde sua gênese.

Compartimentação morfoestrutural

A presente proposta de compartimentação morfoestrutural não segue propriamente a divisão estabelecida no

escopo do Projeto RADAMBRASIL (GATTO *et al.*, 1983) para a Mantiqueira Meridional em Planalto de Campos do Jordão e Planalto do Itatiaia. Na interpretação aqui divulgada, o arranjo estrutural preexistente e a dinâmica morfotectônica regional sugeriram, conjugadamente, uma divisão elementar entre uma porção oriental, mais elevada e geomorfologicamente padronizada em altas cristas alongadas e vales profundos e encaixados, e um compartimento ocidental, desnivelado em relação às altas cristas, com manutenção da dissecação em controle estrutural, mas com tendência à homogeneização e mamelonização do relevo, com vales menos confinados em comparação ao que ocorre na porção mais a leste. Tal padrão de compartimentação perfaz a maior parte da Mantiqueira Meridional mineira, e, em sua extremidade NE, se organiza em compartimentos distintos dados pela emergência de altas cristas quartzíticas festonadas e pelos rebordos rebaixados que se voltam à bacia do rio Preto.

A presente proposta reconheceu quatro compartimentos morfoestruturais elementares que efetivamente definem uma unidade do ponto de vista morfoestrutural (figura 4), quais sejam: I. Patamares de Cimeira da Mantiqueira (Mantiqueira Oriental); II. Patamares Escalonados da Mantiqueira (Mantiqueira Ocidental); III. Altas Cristas Quartzíticas Festonadas; IV. Rebordos Erosivos Dissecados. Subsequentemente, o presente manuscrito se volta para a discussão dos compartimentos supramencionados, seu significado morfoestrutural e a lógica de delimitação de cada um deles. Ao final da caracterização dos compartimentos, a figura 5 ilustra, por amostragem, a configuração geomorfológica essencial de cada um deles.

Compartimento I – Patamares de cimeira da Mantiqueira

Proposto por Marques Neto (2012) e Marques Neto e Perez Filho (2014) para a bacia do rio Verde, os patamares de cimeira correspondem, em geral, ao degrau superior interpretado por Saadi (1991), conformando uma Mantiqueira Oriental dada pelos blocos mais elevados definidos a partir das principais zonas de cisalhamento, como as designadas Paraíba do Sul, Maria da Fé, Cristina, São Bento do Sapucaí, Passa Quatro, entre outras. Também abrange as intrusões alcalinas, marcando a passagem do Planalto do Itatiaia para o Planalto de Campos do Jordão entre Passa Quatro e Virgínia. Na presente proposição, os Patamares de Cimeira da Mantiqueira são subdivididos em sete subcompartimentos, discernidos a partir da configuração geomorfológica, estrutural e litológica. Adiante, o significado morfoestrutural de cada um deles segue discutido.

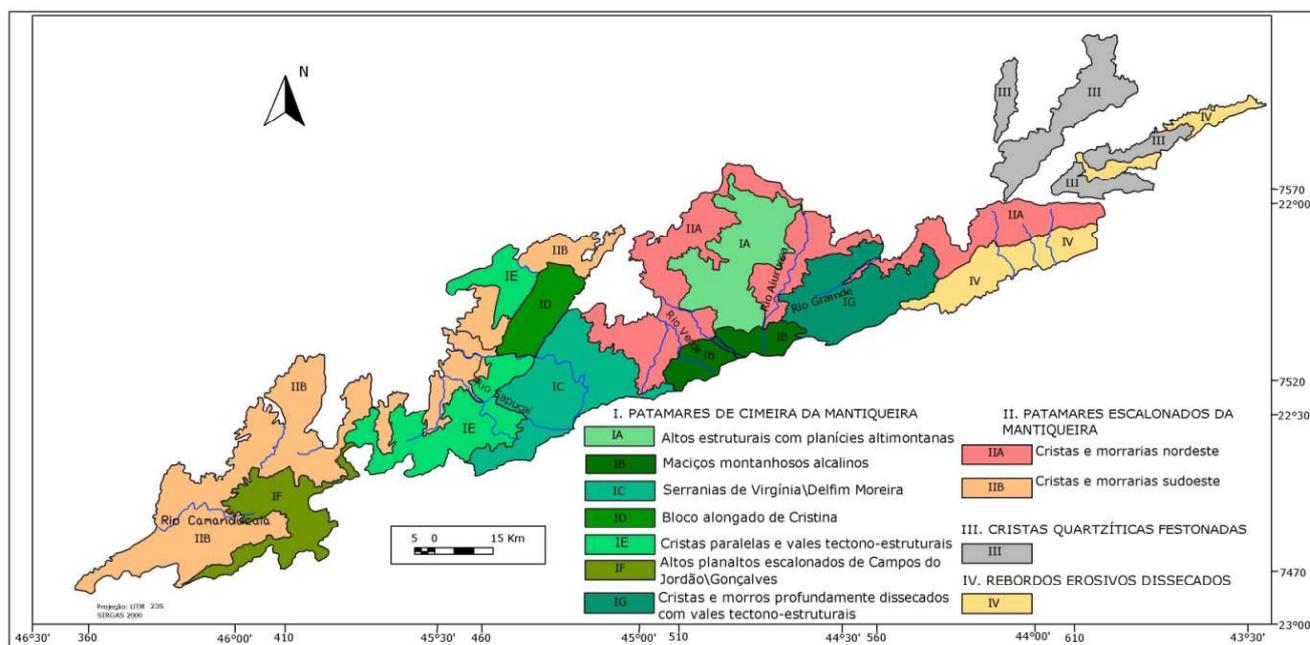


Figura 4. Compartimentação morfoestrutural da Mantiqueira Meridional no estado de Minas Gerais.

Ia. Altos estruturais com planícies altimontanas

- Este importante conjunto de feições morfoestruturais e morfotectônicas da Serra da Mantiqueira projeta-se na porção central do ramo meridional em direção S-N em territórios municipais de Baependi e Aiuruoca, onde estabelece contato abrupto com metagranitoides arqueanos a paleoproterozoicos. Corresponde a um importante alinhamento regional, divisor das bacias dos rios Aiuruoca e Verde, com litologia gnáissico-granítica e migmatitos diversos truncados pela pulsação que gerou os *stocks* alcalinos intrusivos. A Serra do Papagaio ou de Aiuruoca, em específico, encabeça cúpula granítica tardi-tectônica em suas cimeiras, de onde dispersa paralelamente a drenagem que é coletada nos compartimentos encadeantes. Apresenta uma série de vales estruturais altimontanos, alguns com áreas inundáveis de expressiva extensão e continuidade, como o dos rios Santo Agostinho (Baependi) e Aiuruoca, no município homônimo (MARQUES NETO, 2012).

IB: Maciço Montanhoso Alcalino - Está vinculado ao domínio das intrusões alcalinas, onde predominam lineamentos de grande extensão com orientação E-W e NE-SW (principalmente NE 50°) definidos pela drenagem que diseca o setor oeste do batólito. Acessoriamente ocorrem orientações N-S que correspondem à drenagem que aflui no Rio Capivari em paralelismo bem definido pela margem esquerda. Trata-se de sucessivos degraus em vertentes íngremes e vales encaixados

e retílineos que se sobressaem a formar o compartimento mais elevado de toda a Mantiqueira Meridional (MARQUES NETO e PEREZ FILHO, 2014). A unidade deste subcompartimento no contexto dos Patamares de Cimeira da Mantiqueira se dá essencialmente pela litologia, que forjou sua própria morfogênese quando o foco intrusivo em nefelina-sienito intruiu a crosta pré-cambriana e gerou os batólitos de Itatiaia e Passa Quatro, definidores de uma unidade muito específica no tocante aos litotipos existentes, padrão e densidade de fraturamento e organização da drenagem.

IC: Serranias de Virgínia/Delfim Moreira – Na presente proposição, este subcompartimento figura como unidade expandida a partir da proposição de Marques Neto (2012) para a bacia do Rio Verde (MG). Projeta-se a NNW do maciço alcalino de Passa Quatro até a passagem da Zona de Cisalhamento São Bento do Sapucaí, conformando um conjunto de cristas alongadas orientadas para NNE balizadas por litologias granitoides e biotita-gnaisses conspícuos. Apresenta também direção NW-SE dada fundamentalmente pela drenagem invertida que intercepta as estruturas NE-SW expressas nos alinhamentos topográficos, ainda que o compartimento apresente rios importantes que seguem a orientação das altas cristas, adaptados a estas estruturas. Diferentemente dos compartimentos anteriormente apresentados, este apresenta altitudes médias e absolutas mais rebaixadas, e os cumes acima de 1800 metros,

contínuos mais a NE, aqui são deveras pontuais. Ainda assim, dominam as cristas íngremes e a profunda incisão vertical, malgrado as diferenciações morfoestruturais que mantém em relação ao subcompartimento emoldurado nas rochas mesocráticas.

ID: Bloco Alongado de Cristina - Refere-se a bloco granulítico que se conforma a oeste da Zona de Cisalhamento São Bento do Sapucaí e se estende até ser envolvido pela Zona de Cisalhamento de Maria da Fé. Enfeixa falhas pertencentes à Zona de Cisalhamento de Cristina, que segundo Braga (2002) apresenta em sua porção central foliação com mergulho médio superior a 70° nos sentidos SE e NW, ângulo que diminui a nordeste, setor no qual os traçados assumem direção WNW-ESE até serem interceptados pela Zona de Cisalhamento de São Bento do Sapucaí. Hackspacher *et al.* (1991) subdividiram o metamorfismo que engendrou a estruturação do compartimento em três fases: 1) Fase marcada por metamorfismo de alto grau; 2) Fase marcada por cisalhamento transcorrente que deflagrou a paragenese de minerais hidratados (hornblenda e biotita); 3) Metamorfismo de fácies xisto verde. A drenagem encontra-se controlada por esta estrutura, enfaticamente o alto curso do rio Lambari, alojado no contato entre o bloco e as Serras de Virgínia/Delfim Moreira. Ainda, condiciona a passagem do rio Lourenço Velho em demanda à bacia do rio Sapucaí, cuja bacia de drenagem, conforme visto por Oliveira (2013), apresenta malha hidrográfica de comportamento distintamente anômalo, com canais pronunciadamente retilíneos formando padrões em treliça que sinalizam forte influência morfotectônica.

IE: Cristas Paralelas com Vales Estruturais - Juntamente a outros alinhamentos adjacentes de orientação geral NE-SW na região de Conceição da Pedra e Natércia, representam os últimos controles vinculados ao sistema Mantiqueira em seu ramo interiorano, já festonados pela passagem do rio Sapucaí a prenunciar a abertura de uma área depressionária na região de Santa Rita do Sapucaí/Pouso Alegre, com planícies de inundação consideravelmente desenvolvidas. O compartimento apresenta feição morfoestrutural própria dada pelo paralelismo bem marcado entre cristas e vales estruturalmente controlados e tectonicamente afetados, a exemplo da Serra da Pedra Branca, poderoso alinhamento gnáissico com lentes quartzíticas que se eleva à ordem de 1847 metros, e cujo front NE conforma espelho de falha que estabelece contato tectônico

abrupto em forte ruptura positiva de declive com o vale do rio Lambari. Paralelos a leste do alinhamento da Pedra Branca posicionam-se outros alinhamentos altimetricamente mais baixos, mas que se sobressaem acima de 1400 metros separados por vales estruturais que alimentam a bacia do rio Lambari (serras da Boa Vista e da Barra Grande, de orientação NE-SW). Este subcompartimento é truncado pelo Bloco Cristina, apresentando-se, portanto, descontínuo.

IF: Altos Planaltos Escalonados de Campos do Jordão/Gonçalves - Tal unidade se consubstancia a partir dos cumes elevados e aplainados da Mantiqueira na região de Campos do Jordão, ainda no estado de São Paulo, avançando para Minas Gerais na forma de cristas tectonicamente deformadas talhadas em vales profundos, além de morrarias de cimeira que se escalonam em direção a Gonçalves e Paraisópolis, decaindo altimetricamente de SE para NW. As altitudes superam 1900 metros nas serras de São Domingos ou do Juncal, entre Gonçalves e Camanducaia, com escalonamento bem marcado em demanda aos níveis de base dos rios Capivari e Sapucaí-Mirim, que, juntamente com o rio Camanducaia, controlam a erosão remontante neste subcompartimento. Lineamentos do relevo e da drenagem orientados no sentido NE-SW em intervalos angulares entre 120 e 160° predominantemente, denotam forte influência das estruturas preexistentes nas quais se adaptaram os principais cursos d'água, dissecando litologias gnáissico-graníticas. Em campo, no entanto, feições morfotectônicas como capturas, deformação de depósitos cenozoicos, *shutter ridges*, facetas trapezoidais, presença de vales altimontanos e anfiteatros suspensos, são deveras copiosas.

IG: Cristas e morros dissecados com vales tectono-estruturais - Localizado na extremidade NE do compartimento dos Patamares de Cimeira, congregam um conjunto de formas denudacionais em forte controle estrutural, com inúmeras sobreposições de interferências neotectônicas e de tectônica ativa. O trabalho erosivo é controlado pelo alto rio Grande, principal nível de base posicionado no contato com o planalto homônimo, por onde adentra sua calha mediante orientação NE-SW em altimetria acima de 1000 metros no fundo do vale; retrocede erosivamente até o contato com as rochas intrusivas alcalinas, onde tem um braço capturado pelo rio Aiuruoca, revelando a persistência do controle morfotectônico na região.

Compartimento II: Patamares Escalonados da Mantiqueira

O compartimento II configura a porção ocidental da Serra da Mantiqueira e se materializa após a ruptura de declive que separa a escarpa mais elevada posicionada na extremidade oriental. Engloba toda a sua porção interior que se escalone em direção aos contatos tectônicos com os compartimentos planálticos do Sul de Minas em faixa que se estende de Lima Duarte a NE até Extrema, no limite SW da área de estudo. Representa um desnivelamento na Serra da Mantiqueira possivelmente herdado de sua própria gênese, e se caracteriza por um relevo em parte mamelonizado que define um padrão de formas pelo qual uma dissecação mais homogênea concorre com o controle estrutural. As cristas são normalmente mais rebaixadas, e os morros alinhados tendem a uma esfoliação esferoidal mais veemente, com formação de coberturas superficiais desenvolvidas mediante processos plasmogênicos marcados nos minerais de argila que compõem estas coberturas. As direções dos lineamentos do relevo e da drenagem persistem no sentido predominante NE-SW, deixando inequívoco seu vínculo genético com a tectônica de soerguimento da Mantiqueira, ainda que orientações sobrepostas da drenagem no sentido NW-SE ocorram com certa conspicuidade; no entanto, embora as feições morfotectônicas ainda sejam abundantes, não figuram como as principais zonas de cisalhamento, definidas emblematicamente nas altas cristas.

Na presente proposta, os Patamares Escalonados da Mantiqueira ou Mantiqueira Ocidental foram subdivididos a partir dos limites entre o Planalto do Itatiaia e de Campos do Jordão propostos no Projeto RADAMBRASIL (GATTO *et al.*, 1983), porém mantendo-se referência às direções predominantes a diferenciar um ramo nordeste e um sudoeste. Tal subdivisão foi pautada em diferenças nas litologias predominantes e, principalmente, a partir dos padrões de formas de relevo, posto que as morfologias denudacionais encontram-se distintamente mais suavizadas em seus declives no setor sudoeste, onde os vales são mais abertos.

Ila. Cristas e Morrarias Nordeste: O compartimento projeta-se de Liberdade/Bom Jardim de Minas, na sua extremidade NE, até a passagem das zonas de cisalhamento de São Bento do Sapucaí e Cristina, que delimitam o bloco granulítico na região de Cristina/Pedralva (Bloco Cristina). Geomorfologicamente este subcompartimento se caracteriza por cristas e espigões desnivelados das altas

cristas ocorrentes nos Patamares de Cimeira, bem como pela presença copiosa de morros declivosos e profundamente dissecados emoldurados em litologias gnáissico-granítico-migmatíticas, predominantemente. Alonga-se entre as linhas interfluviais da bacia do alto rio Grande e do rio Preto, conectada ao rio Paraíba do Sul, se estreitando nos contatos tectônicos com os degraus superiores da Mantiqueira Oriental até a porção central da área de estudo. Predominam os estilos fluviais em vales confinados a semiconfinados, sendo que as planícies fluviais mais expressivas são definidas pelo rio Grande, Aiuruoca e Verde, sendo os afluentes do alto curso deste último os que definem a rede de drenagem mais funcional na degradação das imponentes escarpas de falha que correspondem às principais zonas de cisalhamento regional, o que reflete num estreitamento dos Patamares de Cimeira pela penetração erosiva com escalonamento mais expressivo do relevo.

Iib: Cristas e murrarias Sudoeste: Tem ocorrência definida da extremidade SW até a porção central da área de estudo, e apresenta relevo com declives predominantes distintamente mais suaves em relação ao subcompartimento congênere, bem como altitudes mais baixas. Os vales que se abrem nesses patamares escalonados são mais alargados, com formação de morfologias agradacionais mais expressivas na depressão dos rios Capivari, Itaim, Sapucaí e Sapucaí-Mirim, abrindo-se uma frente erosiva no contato entre a Mantiqueira e os planaltos interiores, e que é responsável pela definição de limites na forma de um semiarco de contorno bastante irregular interceptado em sua porção central pelo rio Sapucaí, principal tronco coletor do subcompartimento, e formado pela vaga remontante síncrona dos conjuntos fluviais que demandam este nível de base, tanto pelo sentido SE-NW como mediante orientação SW-NE. O quadro geomorfológico que se formata desse comportamento erosivo é dado por uma homogeneização mais expressiva da dissecação em relação ao sistema posicionado a NE, controlado por outros níveis de base; morfologias colinosas e morros com encostas suavizadas são mais recorrentes, com declives mais suaves e vertentes mais longas. Continuam válidos, entretanto, os efeitos de ordem morfotectônica, com todo rol de evidências no relevo e na drenagem que vem sendo frisadas.

Compartimento III: Cristas Quartzíticas Festonadas

Esta unidade morfoestrutural pode ser reconhecida nas altas cristas de orientação NE-SW (Serra do Ibitipoca) e E-W (Serra Negra e de Lima Duarte), nas quais o quartzito

é o litotipo predominante, ocorrendo intercalações com gnaisses e mesmo níveis xistosos nos fundos de vale, escavados por erosão diferencial. Além do aspecto litológico os três grandes alinhamentos supracitados apresentam similaridade morfológica e morfométrica, definindo cristas de topos agudos e planos com facetas triangulares a trapezoidais que se elevam acima de 1500 metros, perfazendo um domínio de declives acentuados que se suavizam progressivamente em degraus escalonados, alguns reafeiçoados em interflúvios no sopé das vertentes, no contato com os fundos de vale. Este compartimento encontra-se desconectado do sistema contínuo da Mantiqueira Meridional em função do festonamento gerado na passagem do rio Grande e do rio do Peixe, este afluente do rio Preto, já na bacia do rio Paraíba do Sul; marca a passagem para um setor setentrional da Mantiqueira no qual os alinhamentos positivos são descontínuos e a erosão mais avançada, com formação de mantos de alteração mais profundos e consequente rebaixamento topográfico a partir da diminuição isovolumétrica das rochas e alteritas.

Compartimento IV – Rebordos Erosivos Dissecados

Chamou-se de *Rebordos Erosivos Dissecados* os terrenos pertencentes à bacia do rio Paraíba do Sul, caracterizados fundamentalmente por apresentarem uma maior agressividade erosiva em relação aos demais compartimentos em função do controle de níveis de base locais que se escalonam em demanda direta ao Oceano Atlântico. Define-se assim no compartimento em questão a zona mais rebaixada da área de estudo, com cimeiras na ordem de 800 metros ou mesmo inferiores. Regionalmente os níveis de base também são mais baixos, e se referem ao rio do Peixe e ao próprio rio Preto, posicionados aquém de 700 metros de altitude. O sistema hidrográfico que demanda estes troncos coletores tem erodido as escarpas e degraus, recuando os planaltos elevados para NW. Esta drenagem se alinha num arranjo dominante NW-SE, único no domínio da Mantiqueira Meridional, e converge no rio Preto que, após transpor escalonamento e desnível pronunciado ao longo das escarpas, se orienta estruturalmente em demanda ao rio Paraíba do Sul. O significativo poder erosivo dessa drenagem se revela no quanto o relevo foi rebaixado em pleno *horst*, domínio de soerguimento posicionado além da influência do gábre, definindo-se uma diferenciação erosiva operada em litologias similares, e que ainda assim tem sido capaz de definir um rebordo distintamente erodido a consumir porção NE da Mantiqueira Meridional.

Influência dos níveis de base regionais

A delimitação dos compartimentos se dá fundamentalmente a partir das estruturas antigas, ainda que esforços recentes possam interferir na geometria dos limites por meio de soma ou subtração de áreas de bacia nas faixas interfluviais por efeito de capturas ou deslocamento lateral dos divisores. Muitos lineamentos de grande extensão definem compartimentos específicos do relevo, encerrando certo conjunto de formas muitas vezes embasado por litologias que lhes são peculiares. Considerando que o desnivelamento entre as porções ocidental e oriental da Mantiqueira Meridional remetam à sua gênese, a neotectônica tem sido influente na evolução morfológica neogênica, gerando e reafeiçoando feições geomórficas e engendrando reorganizações erosivas nesses sistemas geomorfológicos. Níveis de base locais têm sido impostos por basculamentos recentes de blocos, que também interferem nas relações entre os blocos soerguidos ou reafeiçoados em patamares em relação aos níveis de base de caráter mais regional, dados pelo piso dos principais troncos coletores fluviais. Assim, cada compartimento morfoestrutural apresenta-se diretamente relacionado a diferentes níveis de base posicionados em altimetrias distintas (quadro 1), diferentemente das escarpas orientadas para leste e sudeste, niveladas ao vale do rio Paraíba do Sul.

No compartimento dos Patamares de Cimeira da Mantiqueira os níveis de base encontram-se mais elevados na porção NE, ainda que algumas amplitudes absolutas sejam as maiores da Mantiqueira em função das elevações mais potentes no maciço alcalino de Itatiaia e Passa Quatro, que se rebaixa de NE para SW, com basculamento para NW ou NE. Na passagem para a Mantiqueira Setentrional o *horst* perde continuidade por efeito do festonamento exercido por rios que demandam o Oceano Atlântico, e, por conseguinte, os níveis de base encontram-se ainda mais rebaixados, denotando uma dinâmica erosiva mais acelerada conectada ao rio Paraíba do Sul. Pode-se credenciar o rio do Peixe como responsável direto pela ruptura de continuidade, uma vez que festona veementemente as cristas quartzíticas desenvolvendo extensa planície fluvial em torno de 700 metros, patamar pelo qual os modelados agradacionais apresentam maior contiguidade. O nível de base posicionado na bacia do alto rio Grande, por sua vez, encontra-se sobrelevado quase 300 metros acima do nível exorreico. Mais ainda, o compartimento dos Rebordos Erosivos Dissecados tem no rio Preto seu nível de base regional, que se encaixa em suas bordas na faixa de 500 metros de altitude após perfazer o significativo escalonamento de 500 metros em restrito espaço, contado a partir de seu primeiro nível de base significativo a 1000 metros.



Figura 5 - Imagens representativas dos compartimentos morfoestruturais. (A) Contato entre o Compartimento I (IA) e II (IIA) mediante desnível altimétrico e ruptura de declive bem marcada (Baependi, MG); (B) Compartimento II (IIA) visualizado a partir do Compartimento I (IC) (Virgínia, MG); (C) Compartimento III em contato abrupto com o Compartimento IV, também marcado por pronunciado desnível (Lima Duarte, MG); Compartimento IV, desnivelado em relação aos alinhamentos mais elevados do horst, que se projetam ao fundo (Santa Bárbara do Monte Verde, MG).

Quadro 1: Níveis de base controladores das organizações erosivas nos compartimentos morfoestruturais.

COMPARTIMENTO	NÍVEL DE BASE	ALTIMETRIA (m)
Ia	Rio Aiuruoca/Rio Verde	1100/1000
Ib	Rio Verde/Rio Capivari	1000
Ic	Rio Lourenço Velho	850
Id	Rio Lambari	1000
Ie	Rio Sapucaí/Rio Lambari	900
If	Rio Capivari/Rio Sapucaí-Mirim/Ribeirão Vargem Grande/Rio Camanducaia	860/840
Ig	Rio Grande/Rio Preto	1180/1000
IIa	Rio Verde/Rio Aiuruoca/Rio Grande/Rio do Peixe	900/980/1080/700
IIb	Rio Sapucaí/Rio Sapucaí-Mirim/Rio Camanducaia	830/840
III	Rio Grande/Rio do Peixe	980 e 700/680
IV	Rio Preto	500

Dois níveis de base fundamentais controlam os processos geomórficos no ramo principal da Mantiqueira Meridional, um deles posicionado a 1000 metros de altitude e outro a 900 metros. O primeiro define a delimitação dos Patamares de Cimeira, sobretudo na porção nordeste, e corresponde ao primeiro nível de desenvolvimento mais expressivo das planícies fluviais de rios importantes, como o Verde, Capivari e Sapucaí. Estabelecendo contato com os Patamares Escalonados da Mantiqueira Ocidental, é nessas planícies que fica marcado o controle erosivo remontante da porção oriental, a mais elevada, declivosa e densamente dissecada. A faixa dos 900 metros, por sua vez, congrega um conjunto de formas em morros e cristas mais baixas e restritas que estabelecem contato com o segundo nível de desenvolvimento de planícies fluviais mais expressivas, estabelecendo-se a coalescência de importantes sistemas de planície, como ocorre com o rio Verde, Capivari e Itanhandu.

O posicionamento altimétrico dos níveis de base, considerando o alinhamento contínuo da Serra da Mantiqueira, decresce altimetricamente de NE para SW, estando assim mais rebaixados na porção sudoeste, onde os troncos coletores principais posicionam-se aquém de 900 metros de altitude. Na bacia do rio Sapucaí e Camanducaia, conseqüentemente, os vales são mais abertos e evoluídos do que aqueles da bacia do rio Verde e Grande.

Ainda que os níveis de base fundamentais, enfaticamente aquele posicionado na faixa de 900 metros, se caracterizem por significativa abertura dos vales e desenvolvimento de planícies fluviais, são conspícuos os estrangulamentos de morfologias agradacionais, o confinamento abrupto de vales e a retomada da incisão vertical, sugerindo a intercalação de blocos em soerguimento e subsidência. Tais processos corroboram a influência do diastrofismo neotectônico e da tectônica ativa e ampliam as evidências além daquelas mais localizadas anteriormente mencionadas, que mesmo pontuais são importantes para o estabelecimento de correlações regionais, bem como para uma melhor elucidção acerca das relações entre as estruturas ativas e passivas na evolução do modelado na Serra da Mantiqueira.

Discussão da proposta

Embora estudos importantes sobre os aspectos morfoestruturais e morfotectônicos tenham sido apre-

sentados para a Serra da Mantiqueira e adjacências, proposições de compartimentação morfoestrutural de cunho regional têm sido restritas. Muitos trabalhos se pautam em bacias hidrográficas ou compartimentos específicos, como o de Santos (1999) para a bacia do rio Aiuruoca, o de Hiruma e Riccomini (1999) para o Planalto de Campos do Jordão, o de Chiessi (2004) para o maciço alcalino de Passa Quatro, entre outros. Tais trabalhos, ainda que de grande fôlego para o entendimento da evolução do relevo do Brasil Sudeste, tem suas bases empíricas estabelecidas em setores específicos da Mantiqueira Meridional e não tratam propriamente da compartimentação morfoestrutural regional e das relações entre os compartimentos.

Não foram muitos os esquemas regionais propostos ao longo das últimas décadas, alguns deles abrangendo apenas a porção paulista da Serra da Mantiqueira, como a proposição de compartimentação apresentada por Almeida (1964) em províncias, zonas e subzonas geomorfológicas, definidas a partir de fatores estruturais e climáticos. Posteriormente, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (PONÇANO *et al.*, 1981) endossa a proposição retrocitada em sua essência, esquematizada a partir do Planalto Atlântico (província) e suas respectivas *zonas* e *subzonas*, em explícita hierarquia taxonômica. Nesse esquema, a Serra da Mantiqueira figura como uma *zona* contida no Planalto Atlântico, dissociada em uma *subzona paulista* e uma *subzona mineira*. Curiosamente, as subzonas designadas por Maciço de Itatiaia e Planalto de Campos do Jordão, e que se referem às paisagens mais representativas da Serra da Mantiqueira, são subordinadas à *zona Planalto do Alto Rio Grande*, delimitadas pelos setores altimontanos dos somitais do corpo intrusivo sienítico e das altas superfícies parcialmente aplainadas que ocorre nos arredores de Campos do Jordão.

Mais adiante, outro esquema regional de compartimentação morfoestrutural foi proposto por Silva *et al.* (1993) para o médio vale do rio Paraíba do Sul e adjacências, abrangendo uma parte da Serra da Mantiqueira. A proposta foi construída a partir da técnica de compartimentação do relevo com base no desnivelamento altimétrico, e definiu as seguintes unidades, a saber: Depressão do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, Planalto da Bocaina e Serra da Mantiqueira.

A designação Mantiqueira Meridional aqui aventada, conforme frisado anteriormente, foi herdada da classificação proposta pelo Projeto RADAMBRASIL

(GATTO *et al.* 1983), que a diferencia de uma Mantiqueira Setentrional mais rebaixada, cujos pilares tectônicos encontram-se atualmente descontínuos e festonados em cortes epigênicos. Por esta concepção, a Mantiqueira Meridional figura como uma região geomorfológica subdivida em duas unidades: Planalto de Campos do Jordão e Planalto do Itatiaia. Tal classificação é frequentemente tomada como referência, ainda que as designações dadas aos dois compartimentos de planalto em apreço sejam confrontadas por proposições que ainda as restringem aos domínios das cimeiras, notadamente as de Modenesi (1894, 1992).

A proposta aqui apresentada difere dos demais esquemas ao apresentar uma compartimentação morfoestrutural mais explícita e demonstrativamente respaldada pela interpretação integrada entre a base geológica, os lineamentos estruturais, a rede de drenagem e os compartimentos do relevo. Tal conjugação leva a uma divisão elementar em um compartimento oriental altimetricamente mais elevado em forte controle estrutural, que se relaciona ao *Degrau Superior* de Saadi (1991), e um setor ocidental desnivelado em relação ao primeiro e caracterizado por dissecação mais homogênea e morfologia majoritariamente convexa. A subdivisão do Projeto RADAMBRASIL (GATTO *et al.* 1983) define um compartimento nordeste (Planalto do Itatiaia) e um setor sudoeste (Planalto de Campos do Jordão), cujos limites truncam perpendicularmente a direção geral NE-SW das estruturas do rifte continental, ou seja, se estabelece em sentido NW-SE. A proposta aqui apresentada, diferencialmente, toma como referência a própria direção das principais zonas de cisalhamento a definirem os dois principais compartimentos, impondo assim um traçado concordante a tais estruturas (NE-SW), que marca uma diferenciação substancial no relevo, nos padrões de drenagem, com diferenças também em alguns aspectos litológicos e na própria direção dos lineamentos. Mesmo as subdivisões internas preservam, em grande medida, um traçado geral NE-SW, ainda que ocorram alguns desarranjos como o verificado no subcompartimento Ia (Altos Estruturais com Planícies Altimontanas), desalinhado da direção geral com a exposição de uma lasca tectônica vinculada ao antiformal da Serra do Papagaio, designada por Campos Neto (2000) por *klippe* Pico do Papagaio em função de sua condição de remanescente preservado da erosão que removeu ostensivamente as escamas de falha e expos rochas mais antigas sotopostas a partir de sua base, condição que define tal estrutura

como um subcompartimento específico nos Patamares de Cimeira da Mantiqueira.

Ao propor uma subdivisão que intercepta de forma discordante à direção das principais estruturas, a compartimentação do RADAMBRASIL inexoravelmente congrega em uma mesma unidade sistemas geomorfológicos deveras diferenciados, tanto em seus aspectos morfoestruturais como em suas organizações erosivas e sedimentares. Dito isto, propõe-se que compartimentação geral em um setor oriental (*Patamares de Cimeira*) e outro ocidental (*Patamares Escalonados*) é a que melhor define as inter-relações entre os parâmetros considerados para a diferenciação de áreas segundo um nexu morfoestrutural, além de representar de forma mais contundente a espacialidade do relevo e a sua evolução cenozoica, uma vez que diferencia explicitamente as principais volumetrias topográficas de soerguimento preferencial dos terrenos mais rebaixados, mamelonizados, e revestidos por coberturas superficiais mais bem desenvolvidas.

Embora a delimitação proposta por Almeida (1964) e acatada por Ponçano *et al.* (1981) traga a subdivisão em setores designados como *oriental* e *ocidental*, ela parte de uma outra lógica, alinhando os dois compartimentos no mesmo sentido geral (NE-SW) e truncando padrões de formas semelhantes, e cujas projeções desta delimitação no estado de Minas Gerais não estabelecem uma conexão bem marcada. Além disso, não integraliza importantes compartimentos da Alta Mantiqueira localizados na região de Campos do Jordão e do maciço alcalino de Itatiaia, adequando tais compartimentos ao Planalto do Alto Rio Grande, unidade posicionada no mesmo nível hierárquico da Mantiqueira. Caso tal adequação esteja pautada na lógica de incorporar no compartimento a região de cabeceiras do rio Grande, a mesma não caberia ao Planalto de Campos do Jordão, depositário das cabeceiras do rio Sapucaí, que só vai tributar o rio Grande na represa de Furnas. Dessa forma, compartimentos dos mais representativos da Mantiqueira, posicionados nas suas principais zonas de cisalhamento, ficam de fora de tais propostas, o que confunde os próprios limites entre a Serra da Mantiqueira e o Planalto do Alto Rio Grande. Dessa forma, a divisão que melhor desvela a Mantiqueira Meridional em seus aspectos morfoestruturais deve diferenciar os dois grandes níveis altimétricos existentes, além das escarpas dissecadas que se voltam para o rio Paraíba do Sul nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, das

altas cristas quartzíticas da Zona da Mata Mineira, e dos rebordos erosivos localizados na bacia do rio Preto, cada um deles controlados por diferentes níveis de base e com padrões de formas de relevo, drenagem e lineamentos próprios suficientes para distingui-los como compartimentos específicos.

O estabelecimento de limites mais precisos e mais robustamente respaldados em dados morfoestruturais, bem como o avanço do conhecimento acerca dos diferentes compartimentos de menor expressão espacial contidos em cada um dos compartimentos maiores, foi possibilitado pelo próprio avanço dos levantamentos geológicos regionais e das tecnologias de sensoriamento remoto, melhorando os procedimentos de interpretação e representação cartográfica do relevo e de extração de lineamentos estruturais, possibilitando, por conseguinte, um avanço no entendimento dos aspectos genético-evolutivos regionais.

Considerações Finais

Os compartimentos morfoestruturais propostos, indubitavelmente, refletem relações estreitas entre o quadro geomorfológico e litoestrutural. Foram encontradas fortes correlações entre os lineamentos, a rede de drenagem e os padrões de formas de relevo, uma vez que muitos alinhamentos topográficos limitadores de compartimentos geomorfológicos se mostraram bem marcados nos lineamentos, sejam eles do relevo, quando os limites são estabelecidos por cristas, como da drenagem, quando a faixa limítrofe é dada por um canal fluvial estruturalmente controlado. Também se diferenciaram os padrões de orientação nos quatro compartimentos morfoestruturais, ainda que três deles tenham mantido as direções preferenciais NE-SW, exceção feita ao Compartimento IV, submetido a um controle erosivo distinto que indica um processo de abertura remontante da depressão interplanáltica do médio rio Paraíba do Sul, mais erodida e rebaixada à jusante, região na qual as cristas paralelas já se encontram demasiadamente festonadas e cada vez mais residuais. A litologia revelou correlação menos estreita no Compartimento II, predominantemente embasado em granitos e gnaisses migmatizados ou não. No Compartimento I, a base geológica coincide com o limite de subcompartimentos, notadamente o Maciço Montanhoso Alcalino e o Bloco Alongado de Cristina; define ainda a delimitação do Compartimento III dado pela ocorrência das cristas quartzíticas.

Em todos os compartimentos morfoestruturais foram encontradas evidências de influências morfo-tectônicas, tanto por evidências pontuais como por efeitos deformacionais nos níveis de base regionais. O campo temático da neotectônica tem sido contemplado com uma série de pesquisas no âmbito espacial do Brasil Sudeste, em específico na Serra da Mantiqueira, conforme já fora anteriormente mencionado. Contando com estudos precedentes, resultados auspiciosos podem ser logrados a partir de esforços voltados para uma melhor compreensão acerca da forma que a tectônica neogênica vem afetando as estruturas preexistentes e influenciando na evolução regional do relevo. Nesse sentido, uma proposta de compartimentação morfoestrutural e a interpretação do controle regional dos níveis de base e seu comportamento diante das interferências morfotectônicas agrega conhecimentos relevantes acerca dos sistemas geomorfológicos regionais e assume significativo potencial de subsidiar outras investigações centradas na geomorfogênese dos relevos tectônicos do sudeste brasileiro.

Agradecimentos

Ao CNPQ, pelo auxílio financeiro ao projeto de pesquisa do qual o conteúdo do presente artigo faz parte.

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, F. F. M. Geologia do Estado de São Paulo. **Boletim nº 41**, 1964. 263p.
- BRAGA, I. F. **Análise de deformação de rochas infracrustais da região de Cristina e Itajubá – MG**. Tese (doutorado em Geociências), Instituto de Geociências e Ciências Exatas Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2002. 197p.
- CPRM (2004) **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo**. Publicação CPRM, Serviço Geológico do Brasil.
- BURBANK, D. W.; ANDERSON, R. S. **Tectonic Geomorphology**, 2º ed. New York: Blackwell Science, 2007. 274p
- CAMPOS NETO, M. C. (2000) Orogenic systems from southwestern Gondwana: an approach to brasiliano-pan african cycle and orogenic collage in southeastern Brasil. In: CORDANI, U. G.; MILANI, E. J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D. A. (Ed.) **Tectonic evolution of South America**. Rio de Janeiro: p. 335-365.
- CHIESSI, C. M. **Tectônica Cenozoica no Maciço Alcalino**

de Passa Quatro (SP-MG-RJ). Dissertação (Mestrado em Geologia), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2004. 137p.

DE MARTONNE, E. Problemas Morfológicos do Brasil Tropical Atlântico. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 5, n. 4, p. 532-550, 1943.

FREITAS, R. O. Ensaio sobre a tectônica moderna do Brasil. **Geologia**, n. 6, 1951, 119p.

GATTO, L. C. S.; RAMOS, V. L. S.; NUNES, B. T. A.; MAMEDE, L.; GÓES, M. H. B.; MAURO, C. A.; ALVARENGA, S. M.; FRANCO, E. M. S.; QUIRICO, A. F.; NEVES, L. B. Geomorfologia. In: **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SF-23/24 Rio de Janeiro/Vitória. Rio de Janeiro: IBGE, 1983.

GONTIJO, A. H. F. **Morfotectônica do médio vale do Rio Paraíba do Sul: região da Serra da Bocaina, estados de São Paulo e Rio de Janeiro**. Tese (Doutorado em Geologia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 1999. 259p.

HACKSPACHER, P. C.; OLIVEIRA, M. A. F.; HASUI, Y.; EBERT, H. D. Bloco granulítico de Cristina (MG), exemplo de alçamento crustal síncrono ao Sistema de Cisalhamento Monte Sião/Jundiuvira. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 3, 1991, Rio Claro. **Boletim...** Rio Claro: UNESP/SBG, 1991. p. 547.

HEIDBACH, O.; HÖHNE, J. CASMI – A visualization tool for the World Stress Mapa database. **Computers e Geosciences**, n. 34, p. 783-791, 2008.

HIRUMA, S. T. **Significado morfotectônico dos planaltos isolados da Bocaina**. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007. 214p.

_____ ; RICCOMINI, C. Análise morfométrica em neotectônica: o exemplo do Planalto de Campos do Jordão. **Revista do Instituto Geológico**, v. 20, n. ½, p. 5-19, 1999.

LEHMANN, H. Observações morfoclimáticas na Serra da Mantiqueira e no Vale do Paraíba. **Notícia Geomorfológica**, n. 5, p. 1-6, 1960.

LIMA, M. R.; MELO, M. S. Palinologia de depósitos rudáceos da região de Itatiaia, bacia de Resende – RJ. **Geonomos**, v. 2, n. 1, p. 12-21, 2013.

_____ ; AMADOR, E. S. Análise palinológica de sedimentos da Formação Resende, Terciário do estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Série Geologia**, n. 27, p. 371-378, 1985.

MARQUES NETO, R. **Estudo evolutivo do sistema morfoclimático e morfotectônico da bacia do Rio Verde (MG), sudeste do Brasil**. Tese (Doutorado em Geografia), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro. 2012. 429p.

_____ ; PEREZ FILHO, A. Compartimentação morfoestrutural da bacia do Rio Verde, sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, n. 1, p. 119-135, 2014.

MODENESI, M. C. Evolução quaternária de uma montanha tropical: o Planalto de Campos do Jordão. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 5, n. ½, p. 7-13, 1984.

_____ Depósitos de vertente e evolução quaternária do Planalto do Itatiaia. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 31-46, 1992.

_____ ; TOLEDO, M. C. M. Morfogênese quaternária e intemperismo: colúvios do Planalto do Itatiaia. **Revista do Instituto Geológico**, v. 14, n. 21, p. 45-53, 1993.

MODENESI-GAUTTIERI, M. C.; NUNES, L. H. Processos geocriogênicos quaternários nas cimeiras da Mantiqueira, com considerações climáticas. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 19, n. ½, p. 19-30, 1998.

MORALES, N.; ALGARTE, K. T. S.; ANTONIALI, R. C.; ASSINE, M. L.; ASSUMPÇÃO, M.; BEZERRA, F. H. R.; BUENO, G. V.; ETCHEBEHERE, M. L. C.; FERREIRA, J. M.; FONTES, S. L.; GOMES, L. C. C.; GONTIJO, R. C.; GONTIJO-PASCUTTI, A. H. F.; HASUI, Y.; LADEIRA, F. S. B.; NASCIMENTO, E. R.; NEVES, M. A.; SALAMUNI, E.; SILVA, C. L.; SOARES Jr., A. V.; SOUZA, I. A.; VICENTELLI, M. G. C.; BRICALLI, L. L.; SOUZA, M. O. L. Projeto mapa neotectônico do Brasil: caracterização da deformação neotectônica do território brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia, 2014. p. 851

PENALVA, F. Geologia e tectônica da região do Itatiaia (sudeste do Brasil). **Boletim de Geologia**, v. 302, n. 22, p. 95-196, 1967.

PONÇANO, W. L.; CARNEIRO, C. D. R.; BISTRICHI, C. A.; ALMEIDA, F. F. M.; PRANDINI, F. L. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**. Vol. 1. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisão de Minas e Geologia Aplicada, 1981. 94p.

RAYNAL, R. O vale do Paraíba, a Serra da Mantiqueira e a região de São Paulo. **Notícia Geomorfológica**, n. 5, p. 6-15, 1960.

RIBEIRO, L. F. B. **Tectônica ressurgente da borda sul da**

- Serra da Mantiqueira: geologia estrutural e geocronologia por traços de fissão.** Dissertação (mestrado em Geologia Regional). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 1996. 121p.
- RIBEIRO, M. C. S. **História tectônica e exumação das serras da Bocaina e Mantiqueira (SP/RJ).** Dissertação (Mestrado em Geologia Regional). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2003. 124p.
- RICCOMINI, C. **O rift continental do sudeste do Brasil.** Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1989. 256p.
- SAADI, A. **Ensaio sobre a morfotectônica de Minas Gerais: tensões intraplaca, descontinuidades crustais e morfogênese.** Tese (Professor Titular), Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 1991. 285p.
- SANTOS, M. DOS. **Serra da Mantiqueira e Planalto do Alto Rio Grande: a bacia terciária de Aiuruoca e evolução morfotectônica.** Tese (Doutorado em Geociências), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro. 1999. 134p.
- SOARES, A. C. P.; NOCE, C. M.; TROUW, R. A. J.; HEILBRON, M. **Projeto Sul de Minas.** COMIG-UFMG-UFRJ-UERJ, 2002.
- VALADÃO, R. C. **Evolução de longo-termo do relevo do Brasil Oriental (desnudação, superfícies de aplainamento e soerguimentos crustais).** Tese (Doutorado em Ciências), Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. Salvador. 1998. 243p.
- _____. Geodinâmica de superfícies de aplainamento, desnudação continental e tectônica ativa como condicionantes da megageomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geomorfologia.** v. 10, n. 2, p. 77-90, 2009.
- ZOBACK, M. L.; ZOBACK, M. D.; ADAMS, J.; ASSUMPÇÃO, M.; BELL, S.; BERGMAN, E. A.; BLÜMLING, P.; BRERETON, N. R.; DENHAN, D.; DING, J.; FUCHS, K.; GAY, N.; GREGERSEN, S.; GUPTA, H. K.; GVISHIANI, K.; JACOB, K.; KLEIN, R.; KNOLL, P.; MAGGIE, M.; MERCIER, J. L.; MÜLLER, B. C.; PAQUIN, C.; RAJENDRAN, K.; STEPHANSSON, O.; SUAREZ, G.; SUTER, M.; UDIAS, A.; XU, Z. H.; ZHIZHIN, M. Global patterns of tectonic stress. **Nature,** v. 341, p. 291-298, 1989.