

CINTURÕES DE ALTITUDE EM RELEVOS MONTANHOSOS TROPICAIS E A CONJUGAÇÃO ENTRE ZONALIDADE E EXTRAZONALIDADE NOS GEOSSISTEMAS MONTANHOSOS

HIGH BELTS IN TROPICAL MOUNTAIN RELIEFS AND THE CONJUGATION BETWEEN ZONALITY AND
EXTRAZONALITY IN MOUNTAIN GEOSYSTEMS

Roberto Marques Neto

Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF
Rua José Lourenço Kelmer, s/n Campus Universitário
São Pedro – CEP: 36.036-900 - Juiz de Fora, MG – Brasil
roberto.marques@ufjf.br

Pietro Meireles Brites

Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF
Rua José Lourenço Kelmer, s/n Campus Universitário
São Pedro – CEP: 36.036-900 - Juiz de Fora, MG – Brasil
pietrombrites@hotmail.com

Laís Barbosa Fernandes

Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF
Rua José Lourenço Kelmer, s/n Campus Universitário
São Pedro – CEP: 36.036-900 - Juiz de Fora, MG – Brasil
barbosa.lais@otlook.com.br

Fábio Sanches

Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF
Rua José Lourenço Kelmer, s/n Campus Universitário
São Pedro – CEP: 36.036-900 - Juiz de Fora, MG – Brasil
fabio.sanches@ufjf.br

Maria Luíza Dias de Oliveira

Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF
Rua José Lourenço Kelmer, s/n Campus Universitário
São Pedro – CEP: 36.036-900 - Juiz de Fora, MG – Brasil
marialuiza.dias@estudante.ufjf.br

Yan Carlos Gomes Vianna

Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF
Rua José Lourenço Kelmer, s/n Campus Universitário
São Pedro – CEP: 36.036-900 - Juiz de Fora, MG - Brasil
yan.metal@gmail.com

RESUMO

As principais elevações da fachada atlântica brasileira ostentam cinturões de vegetação e de paisagem fortemente influenciados pelas variações mesoclimáticas que se sucedem dos sopés às superfícies somitais das montanhas tropicais. Na Serra da Mantiqueira, tais sucessões são muito bem marcadas, enfaticamente na estrutura concernente à Serra Fina, elevação cujas cimeiras se aproximam de 2900 metros localizada na divisa entre os estados de São Paulo e Minas Gerais. No âmbito da aludida unidade geomorfológica o presente trabalho objetivou interpretar os diferentes cinturões de altitude e suas variações estruturais e dinâmicas, encontrando uma zonação altitudinal bem marcada nas variáveis de estado, notadamente no clima, vegetação e solos, mas também no relevo, elemento invariante do geossistema. Embora a existência de cinturões de altitude seja característica no contexto dos grandes escarpamentos do Brasil Oriental, as elevações mais pronunciadas da Serra Fina associadas à uma identidade litológica própria a destacam como unidade própria, figurando como uma das principais paisagens de exceção em todo o domínio tropical atlântico.

Palavras-chave: zonação altitudinal; cinturões de altitude; clima tropical de altitude; montanhas tropicais.

ABSTRACT

The main elevations of the Brazilian Atlantic front show belts of vegetation and landscape strongly influenced by the mesoclimatic variations that follow one another from the lower levels to the somital surfaces of the tropical mountains. In Serra da Mantiqueira, such successions are very well marked, emphatically in the structure concerning Serra Fina, an elevation whose summits approach 2900 meters located on the border between the São Paulo and Minas Gerais states. Within the scope of the aforementioned geomorphological unit, the present work aimed to interpret the different high belts and their structural and dynamic variations, finding a well-marked altitudinal zonation in the state variables, notably in climate, vegetation and soils, but also in relief, an invariant element of the geosystem. Although the existence of altitude belts is characteristic in the great escarpments of Eastern Brazil, the more pronounced elevations of the Serra Fina associated with its own lithological identity highlight it as a unit of its own, appearing as one of the main exceptional landscapes in atlantic tropical domain.

Keywords: altitudinal zonation; high belts; high altitude tropical climate; tropical mountains.

1. Introdução

Uma das ideias mais emblemáticas do pensamento científico voltado para a interpretação de paisagens naturais consiste na noção de substituição de geoambientes de acordo com a altitude, assinaladamente apreendida a partir dos cinturões de altitude da vegetação em suas relações com as variações mesoclimáticas. A zonação altitudinal da vegetação e da paisagem é antiga. Papavero et al. (2003) traz à baila as ideias pioneiras de Joseph Pitton di Tournefort (1656-1708), que reconheceu a aludida substituição de vegetação conforme a altitude a partir das sucessões altitudinais que verificou para o Monte Ararat, na Turquia. Os autores vinculam ainda a influência dos cinturões de altitude na Teoria do Mar Universal de Carl Von Linné (1707-1778), que previa o descenso das águas oceânicas a partir dos limites de uma grande ilha central que, progressivamente ao suposto recuo das águas, aportava em suas faixas de altitude cinturões dos

biomas atuais latitudinalmente distribuídos.

Mais tarde, na virada do século dezenove, Alexander Von Humboldt (1769-1859) se apoiou fortemente na sucessão altitudinal das paisagens para conceber sua *Naturgemälde*. A escalada empreendida com o botânico francês Aimé Bonpland (1773-1858), seu companheiro de viagem, no vulcão Chimborazo (Equador), delimitou uma base empírica fundamental para formulações pós-iluministas mais complexas, entre as quais aquela que conjuga os controles zonais e azonais na estruturação da paisagem. Trata-se de um princípio de diferenciação de áreas extremamente caro à Geografia.

Os princípios da zonalidade e azonalidade estão no cerne da construção da ciência da paisagem no âmbito da matriz de pensamento geográfico russo-soviética, estando explícitos nas bases iniciais da Pedologia então concebida por V. Dokouchaev (1846-1903). Entre as ideias primeiras concernentes à Geografia dos solos distingue os chamados solos zonais, compatíveis com a zona climática na qual se encontram, bem como os solos classificados por ele como azonais e intrazonais, aqueles que ocorrem circunscritos em uma determinada zona climática em função de fatores do meio, como a elevação topográfica, a base geológica e o relevo.

No estudo da vegetação, os princípios de zonalidade\azonalidade avultam na classificação de Walter (1984), que distingue os biomas zonais (zonobiomas) dos biomas vinculados a controles geomorfológicos (orobiomas), edafológicos (edafobiomas) e litológicos (litobiomas). Entre os esquemas brasileiros, tal conjugação complexa aparece na classificação de Rizzini (1979), que diferencia as formações vegetais climáticas (essencialmente zonais) das formações vegetais edáficas, controladas essencialmente pelo substrato muitas vezes a revelia das condições macroclimáticas. Partindo de lógica semelhante e francamente influenciada pela classificação da vegetação de H. Walter é a proposta de Coutinho (2016), que diferencia os biomas condizentes com a zona climática na qual está inserido daqueles que respondem a outros condicionantes, como o relevo. A mesma rede de influências perpassa a classificação dos domínios de natureza de Ab'Sáber (2003) referenciada em famílias predominantes de ecossistemas de significado zonal conjugadas a redutos de paisagem destoante das características climáticas zonais, porém condicionados por controles litológicos e\ou morfopedológicos.

Os estudos integrados da paisagem tem nos princípios de zonalidade\azonalidade um pilar fundamental para a diferenciação de áreas, sendo os geossistemas regionais consubstanciados, justamente, a partir da conjugação de elementos zonais e azonais no espaço geográfico (ISACHENKO, 1973; CAVALCANTI, 2013).

Indefectivelmente, relevos tectônicos e\ou estruturalmente sustentados figuram como

elementos azonais capazes de engendrar diferenciações nas paisagens regionais dominantes, propiciando a formação de mosaicos e unidades macrogeocóricas mesorregionais singulares e muitas vezes distintos daqueles condizentes com sua respectiva zona climática. Em compensação, materializam-se zonas de paisagem de acordo com os diferentes cinturões de altitude estabelecidos em uma determinada volumetria topográfica, conforme demonstrado por Sizych (2016). É nesse contexto espacial que se encerra a proposta do presente artigo, cujo objetivo é apresentar e discutir, a partir dos pressupostos teórico-metodológicos concernentes à abordagem geossistêmica (SOCHAVA, 1977), como a presença de cinturões de altitude atua na variação da estrutura e dinâmica dos geossistemas no âmbito da Serra Fina, intrusão alcalina em nefelina-sienitos posicionada no domínio da Serra da Mantiqueira, na tríplice divisa entre os estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo.

2. Metodologia

As bases teórico-metodológicas subscritas ao presente artigo coadunaram os seguintes postulados e referências: (1) a concepção geossistêmica preconizada por Sochava (1971, 1977) e sua abordagem cartográfica pautada nos mapas regionais-tipológicos (ABALAKOV e SEDYKH, 2010); (2) os princípios de zonalidade e azonalidade preconizados por Isachenko (1973) associados à classificação dos biomas brasileiros de Coutinho (2016); (3) a aquisição e interpretação de dados tangentes à estrutura e dinâmica da paisagem a partir de ferramental de geoprocessamento e sensoriamento remoto; (4) a aquisição, tabulação e interpretação de dados climáticos disponibilizados em estações meteorológicas de referência; (4) as campanhas de campo para reconhecimento, interpretação e coletas.

A interpretação geossistêmica foi balizada pela lógica da zonação altitudinal da paisagem, definindo cinturões relacionados à altitude que se diferenciam em consonância à vegetação, às características climáticas, às transformações pedológicas, aos processos geomorfológicos e à ocupação humana. Por esse mote, a interpretação e classificação geossistêmica partiu do levantamento e análise setorizada destes diferentes atributos da paisagem, que em um segundo momento foram integralizados em unidades geossistêmicas.

A análise da vegetação partiu de uma classificação do uso e cobertura da terra por máxima verossimilhança a partir de imagens TM-Landsat-8 (bandas 5, 4 e 3) prospectadas no site da USGS (*United States Geological Survey*), obtendo-se as diferenciações fundamentais entre as formações florestais e de campo, além dos usos antropogênicos. Em seguida, as faixas florestais foram reclassificadas segundo as orientações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

(VELOSO, 1992), calibradas em função da latitude e da altitude, discernindo-se assim os cinturões florestais em sucessão altitudinal até as redomas de campos altimontanos. Todos os procedimentos foram executados em software ArcGIS.

Os aspectos climáticos considerados foram temperatura e pluviosidade, cujas séries históricas foram obtidas a partir dados de reanálise climática do WorldClim, disponíveis em seu sítio eletrônico (<https://www.worldclim.org/>). O WorldClim consiste em um banco de dados de dados meteorológicos e climáticos globais de alta resolução espacial, permitindo que tais dados possam ser usados para estudos sobre mapeamento, bem como modelagem espacial

Para este trabalho, os dados de pluviosidade para o período de 30 anos (1971-2000) foram organizados em dois períodos: outubro a fevereiro (período chuvoso) e maio a agosto (período seco). Já para os dados de temperatura do ar foram utilizadas médias dos mesmos 30 anos para os meses de janeiro (mês quente) e julho (mês frio).

Os sistemas geomorfológicos também foram interpretados e mapeados segundo as suas variações altitudinais, definindo unidades topomorfológicas a partir das rupturas de declive verificadas ao longo da escadaria topográfica, considerando as especificidades das paisagens montanhosas em consonância às propostas apresentadas por Marques Neto (2020). A base geomorfológica conduziu a uma interpretação das relações relevo-solo, considerando as coberturas pedológicas a partir da concepção apresentada por Espíndola (2013), pautada no grau de desenvolvimento dos solos, classificados em maduros (solos bem desenvolvidos, com organização estrutural e horizontes subsuperficiais bem definidos), mesomaduros (solos de espessura restrita e horizontes subsuperficiais incipientes) e imaturos (solos delgados que apresentam somente o horizonte A. Optou-se pela abordagem em questão pela ausência de mapeamentos pedológicos em escala de semidetalhe para a Serra Fina, bem como em função da dificuldade acesso a muitos setores, o que obstaculiza um mapeamento seguro. Além disso, para estudos geossistêmicos, seja a partir de enfoques genético-evolutivos, seja por uma perspectiva dinâmico-funcional, a diferenciação das coberturas pedogeneizadas segundo seu grau de desenvolvimento permitem relações diretas com os aspectos genético-evolutivos e dinâmico-funcionais dos geossistemas, substituindo de forma convincente a classificação. Tal como os demais mapas, utilizou-se o ArcGIS para a geração do mapa geomorfológico e de compartimentação morfopedológica.

A conjugação das variáveis ambientais levou à cartografia dos geossistemas, apresentada, tal como as demais variáveis, na escala de 1\50.000. A grandeza escalar de semidetalhe reflete os mosaicos formadores da paisagem, optando-se assim por uma classificação segundo as tipologias e por uma representação a partir de classes de fácies desdobradas em diferentes

grupos de fácies. Estruturou-se então uma chave de classificação pela qual as classes de fácies foram definidas pela conjugação entre relevo-uso da terra\cobertura vegetal e os grupos de fácies segundo um sequenciamento entre relevo-cobertura vegetal original-grau de maturidade dos solos-influência antropogênica, estrutura esta que conduziu a organização das nomenclaturas na legenda.

Subsequentemente à classificação das tipologias geossistêmicas, foi estabelecida uma zonação altitudinal para os geossistemas seguindo os princípios da zonalidade\azonalidade de Isachenko (1973) e as observações de Sizych (2016) na definição das zonas de altitude, o que permitiu agrupar as tipologias segundo um significado predominantemente zonal ou azonal. O significado zonal foi interpretado a partir da compatibilidade entre os geossistemas e as propriedades climato-edafo-vegetacionais vigentes nas faixas latitudinais sazonais da zona intertropical, ao passo que a natureza azonal se pautou nas condições de exceção que modificam as características das variáveis de estado (vegetação, solo e clima) da aludida zona climática.

As conexões entre os geossistemas e a esfera socioeconômica, já previstas por Christofolletti (1999), também partilharam da lógica classificatória além da menção acerca das influências antropogênicas na nomenclatura, separando os grupos de fácies em função do predomínio de estruturas naturais e antroponaturais. Foram consideradas como estruturas naturais as áreas que resguardam as características originais da paisagem, presumivelmente ajustadas com o findar do último estágio glacial e vigentes até hoje em seus traços climáticos mais gerais, enquanto as estruturas antroponaturais foram discernidas nas unidades que agregam elementos estruturais que denotam transformação baixa ou inexistente consorciados a influências antropogênicas.

3. A área de estudo

O significado espacial de uma montanha se baseia, naturalmente, nos limites geomorfológicos que delimitam o compartimento em questão, normalmente dado por rupturas de declive engendradas por contatos tectônicos e\ou erosivos com as organizações geomorfológicas adjacentes. Em muitos casos, entretanto, a montanha resguarda significados culturais concebidos a partir das relações de identidade entre determinados grupos sociais e a paisagem montanhosa. Relações homem x montanha tem sido objeto de reflexões há tempos no âmbito do conhecimento geográfico, a exemplo das proposições de Deffontaines (1947) e Lamego (1963). No âmbito do presente trabalho, a Serra Fina foi delimitada procurando ajustar os critérios naturais às identidades regionais firmadas nos diferentes municípios que cercam a estrutura montanhosa em

apreço, o que levou a uma delimitação que envolve o domínio das intrusões alcalinas de Passa Quatro, de idade cretáceo-paleocenas e balizada em nefelina-sienitos, mas também alguns prolongamentos e ramificações balizadas predominantemente por biotita-gnaisses pertencentes à Megassequência Andrelândia (HEILBRON et al. 2004) que completam uma continuidade montanhosa regionalmente designada por Serra Fina.

A chamada Serra Fina, localizada na tríplice divisa entre os estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo partilha do segmento mais elevado da Serra da Mantiqueira de orientação geral NE-SW, e sua maior parte está relacionada às intrusões alcalinas que acompanharam o rifteamento plataformar e abertura do Atlântico Sul (RICCOMINI, 1989; CHIESSI, 2004; ZALAN e OLIVEIRA, 2005). O aludido corpo intrusivo separa-se do maciço do Itatiaia, intrusão alcalina cronocorrelata, por uma brecha tectônica de orientação NW-SE cuja descontinuidade dá passagem ao rio Capivari, um dos afluentes da margem direita do rio Verde em seu alto curso (figura 1). Tais corpos intrusivos ostentam em suas superfícies somitais elevações extremas no âmbito dos grandes escarpamentos de margens passivas, atingindo 2798 m no Pico da Pedra da Mina, maior elevação da Serra Fina, e 2791 m no Pico das Agulhas Negras, ponto culminante do batólito de Itatiaia. Encerram-se estruturas de elevada beleza cênica dadas por paisagens de exceção depositárias destes e de outros importantes morfopatrimônios, o que torna tais geossistemas áreas bastante visadas para práticas de montanhismo e de geoturismo.

A sucessão altitudinal da vegetação típica da Serra da Mantiqueira tem na Serra Fina uma das suas principais tipicidades, formando-se cinturões de fitofisionomias florestais até a eclosão dos campos de altitude. No mesmo sentido, a estrutura montanhosa em apreço é marcada por variabilidade de solos e características climáticas controladas pela altitude, cuja elevação resulta em aumento dos volumes pluviométricos e diminuição da temperatura.

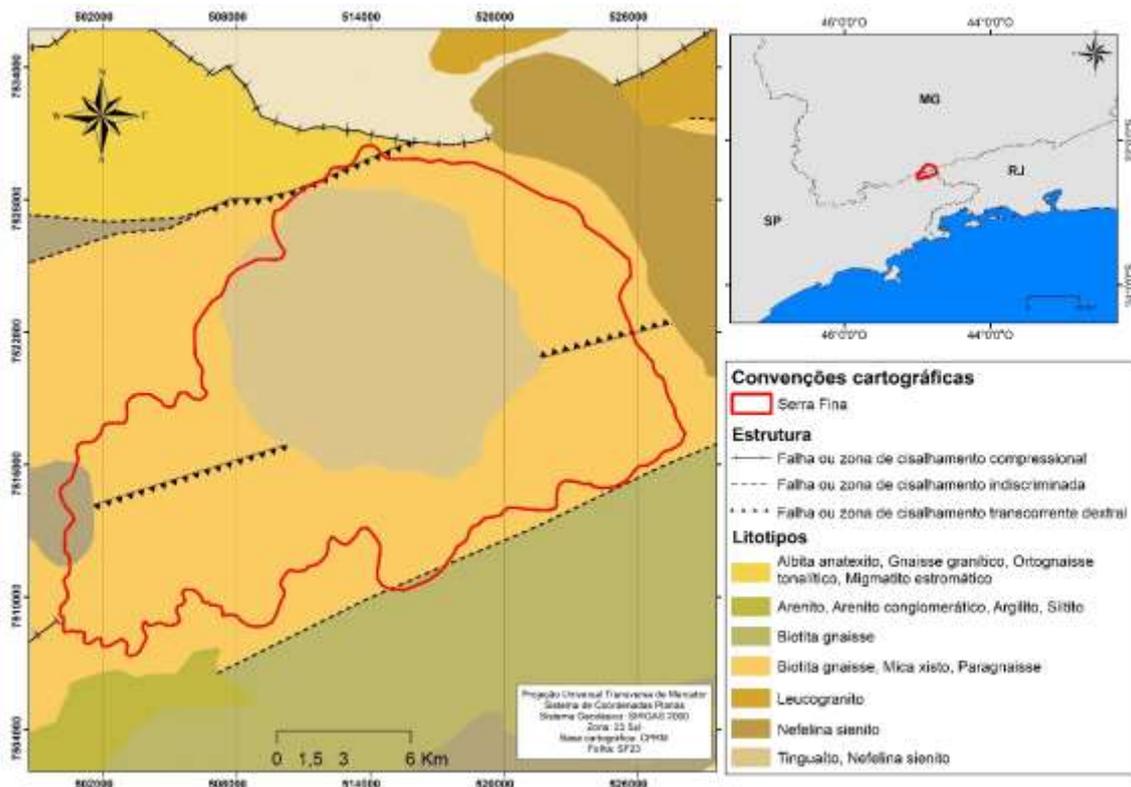


Figura 1. Serra Fina (MG\SP) e entorno: localização e base geológica.

4. Resultados

Os cinturões morfopedológicos

A organização geomorfológica da Serra Fina e a distribuição dos solos apresentam uma lateralidade com reflexos diretos na cartografia. O mapa geomorfológico da figura 2 desvela uma sucessão de unidades topomorfológicas das superfícies somitais até as rupturas de declive que marcam os limites inferiores do cinturão montanhoso.

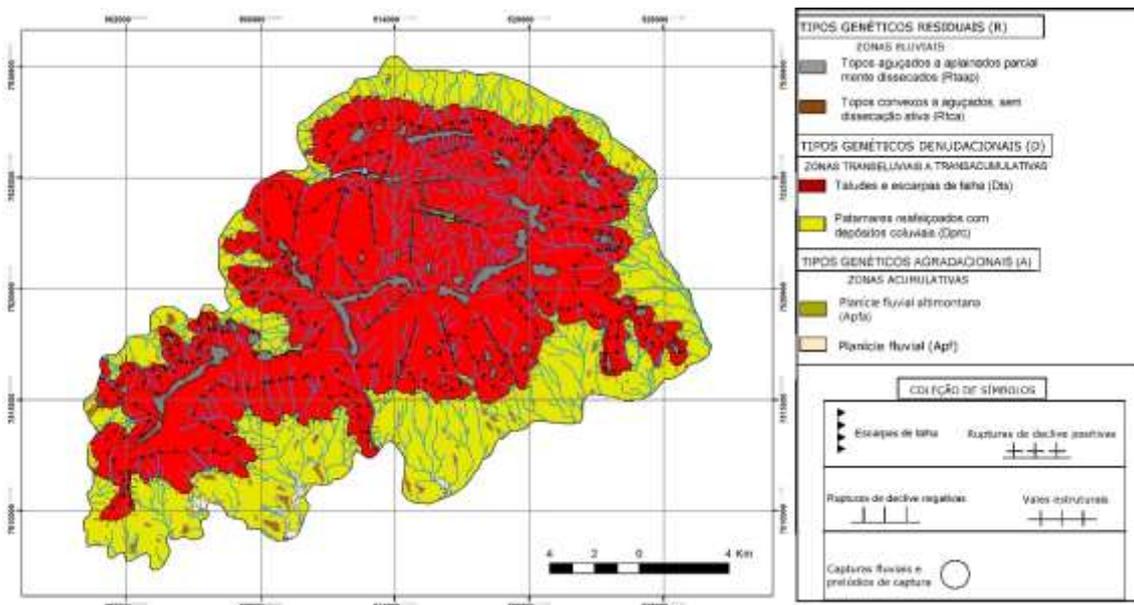


Figura 2. Mapa geomorfológico da Serra Fina.

O relevo montanhoso da Serra Fina é caracterizado por três níveis topomorfológicos delimitados por rupturas de declive bem marcadas, que podem conter de um a três tipos genéticos entre aqueles classificados, quais sejam: tipos genéticos residuais (topos preservados a parcialmente dissecados), denudacionais (escarpas e patamares dissecados e agradacionais (planícies fluviais e alveolares). Tais modelados admitem aproximações cronológicas relativas distribuídas do Paleógeno ao Quaternário tardio pelos três níveis topomorfológicos. Os níveis 1 e 2 são caracterizados por elevações extremas no âmbito dos grandes escarpamentos do sudeste brasileiro, sendo o segundo nível marcado por declives extremamente pronunciados, condições estas que definem o predomínio de solos imaturos, precariamente intemperizados e ricos em minerais primários, sobretudo nas superfícies somitais do nível 1 e nas porções mais elevadas dos domínios escarpados (nível 2). A Serra Fina encerra, portanto, um sistema geomorfológico de elevada energia e retrabalhamento intenso, o que atribui ao nível 3 uma funcionalidade eminentemente transacumulativa, ao mesmo tempo reafeiçoada pela incisão fluvial e estocadora de depósitos na forma de rampas coluviais, em grande parte pedogeneizadas em Latossolos. No conjunto das conectividades existentes, os dois níveis superiores albergam predominantemente solos imaturos, ao passo que o nível inferior seja capaz de aninhar solos mesomaduros a maduros com organização estrutural latossólica.

A superfície somital é caracterizada por interflúvios estreitos, balizando níveis geomorfológicos que já foram designados por Superfície dos Campos (DE MARTONNE, 1943), Superfície dos Altos Campos (AB'SÁBER, 1960), Superfície Sul-americana (KING, 1956; ZALAN e

OLIVEIRA, 2005). Limitam-se com o nível 2 por rupturas de declive positivas, abrindo-se flancos escarpados contínuos que circundam o foco intrusivo e as rochas encaixantes adjacentes, formando um cinturão ininterrupto de escarpas de falha dissecadas por canais confinados em vales tectono-estruturais condicionados pelas falhas e juntas. Os declives se atenuam nos patamares reafeiçoados, com abertura de planícies de inundação restritas nas rupturas de declive que delimitam o maciço.

Os três níveis topomorfológicos apresentam conectividades funcionais encadeadas a partir das superfícies de cimeira que encerram as zonas emissoras (eluviais) principais. O nível 2, tipificado em escarpas e vales estruturais, apresenta apenas função transmissora (zonas transeluviais e transacumulativas) e receptora (zonas acumulativas). O nível 3, por sua vez, apresenta as três funções geocológicas, uma vez que os patamares tem sido reafeiçoados em interflúvios locais, possibilitando a morfogênese de zonas emissoras de aspecto alongado entre canais em padrão paralelo a subparalelo em consonância ao arranjo das linhas de fraqueza.

Em tipologias de paisagem montanhosa, a exemplo da Serra Fina, é inequívoco que o relevo figura como variável ambiental primordial na definição das variações estruturais e dinâmicas ao longo dos geossistemas, bem como na organização das conectividades funcionais. Além das suas influências na zonação altitudinal das coberturas superficiais, os níveis topográficos também condicionam variações climáticas e vegetacionais de forma bastante contundente.

Os cinturões mesoclimáticos

A variação das condições climáticas engendrada pela altitude é um fenômeno bastante conhecido que remete aos esquemas clássicos de interpretação da paisagem, e o parâmetro que sofre as mudanças mais explícitas é a temperatura. A comparação entre o mês mais quente (janeiro) e o mês mais frio (julho) (figura 3) mostra que as variações anuais entre as temperaturas mais elevadas e mais baixas em cada mês se estabelecem entre 7 e 8 °C. Quando associadas, as variações anuais atingem aproximadamente 18 °C, definindo uma amplitude distintamente superior às médias gerais de amplitude térmica anual em áreas de clima tropical sazonal, sublinhando francamente o quanto a variação altimétrica desvia a condição de isotermia característica dos cinturões intertropicais.

O conjunto das vertentes da Serra Fina voltadas para sul e sudeste posiciona-se a barlavento, voltadas para o vale tectônico do rio Paraíba do Sul. Tal orientação implica também em diferenças significativas nas taxas de umidade, definindo vertentes mais úmidas voltadas para sul e sudeste e segmentos menos servidos de umidade orientados nas direções oeste e norte,

essencialmente. Tal distribuição pode ser observada nos mapas da figura 4, que desvelam os volumes pluviométricos entre a parte mais chuvosa do ano (outubro a janeiro) e a mais estia (maio a agosto), assinalando uma tendência de diminuição dos volumes para o interior, sobretudo após os limites da Serra Fina.

Considerando especificamente a elevação topográfica, fica latente o aumento dos volumes precipitados conforme o aumento da altitude, destacando o efeito orográfico imposto pela Serra Fina, bem como por todo o conjunto dos grandes escarpamentos dispostos nos pilares tectônicos que arregimentam a Serra da Mantiqueira. Tal como as variações térmicas, os volumes de chuva também variam em cinturões bem marcados na paisagem, com aumento flagrantemente condicionado pelas escarpas contínuas (nível 2), que condicionam a ascensão das massas de ar pelo gradiente adiabático de expansão, carreando elevadas taxas de umidade para as superfícies somitais (nível 3).

Embora a temperatura e a precipitação tenham sido os parâmetros climáticos cotejados de forma mais direta no presente trabalho, cumpre mencionar outras ordens de variações climáticas forjadas com a elevação do relevo, como a diminuição da pressão atmosférica, o aumento na incidência de geadas, na nebulosidade, além de variações nas taxas de insolação em função da orientação e geometria das vertentes. Tais fatores interferem diretamente nas taxas de retenção de umidade, função geoecológica desempenhada pelas florestas nebulares, anteparo estratégico com o qual as massas de ar se deparam. A propósito, os cinturões de vegetação figuram como um dos traços mais marcantes da zonação altitudinal em paisagens montanhosas.

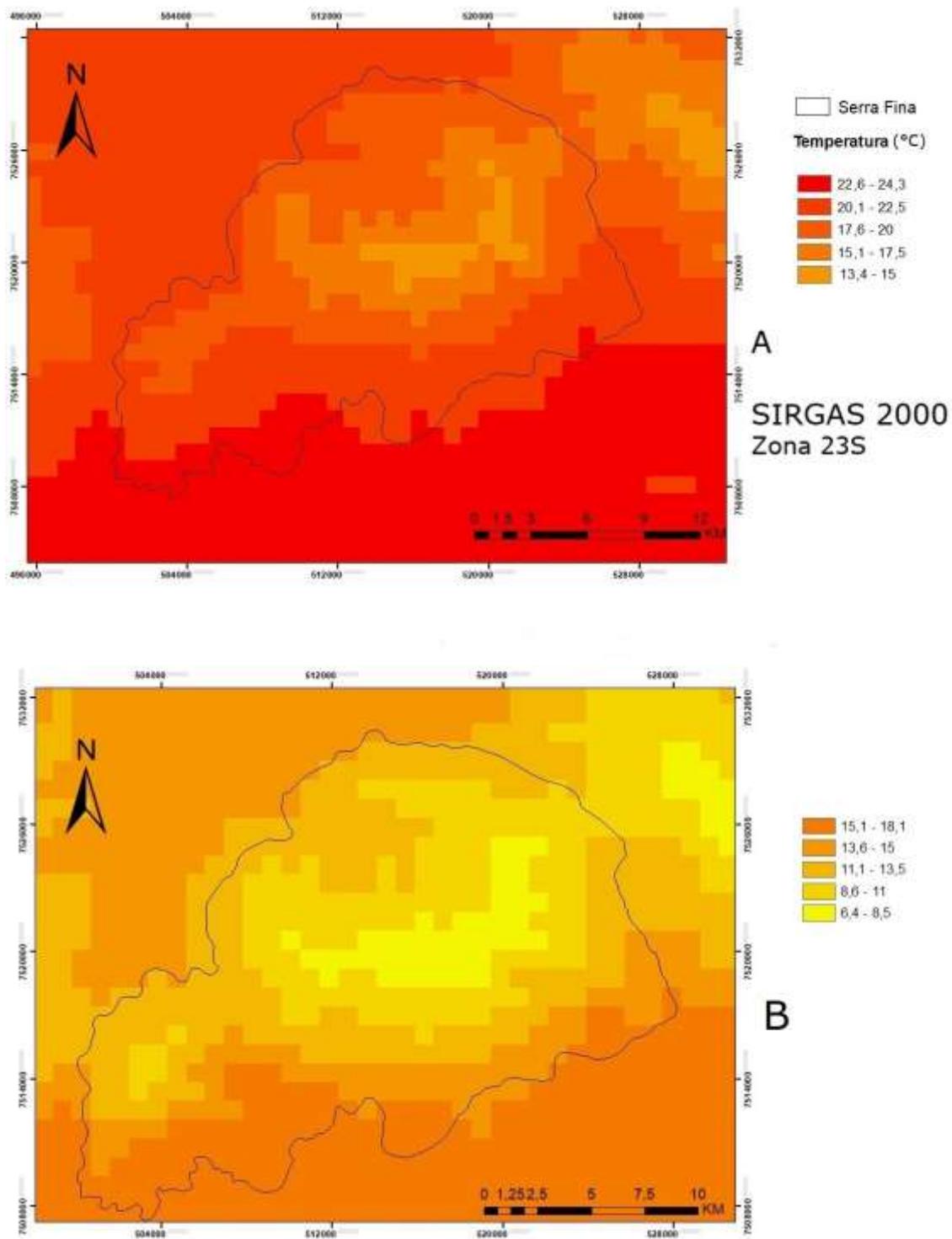


Figura 3. Climatologia da temperatura do ar (1971-2000) na Serra Fina e entorno para o mês de janeiro (A) e junho (B).

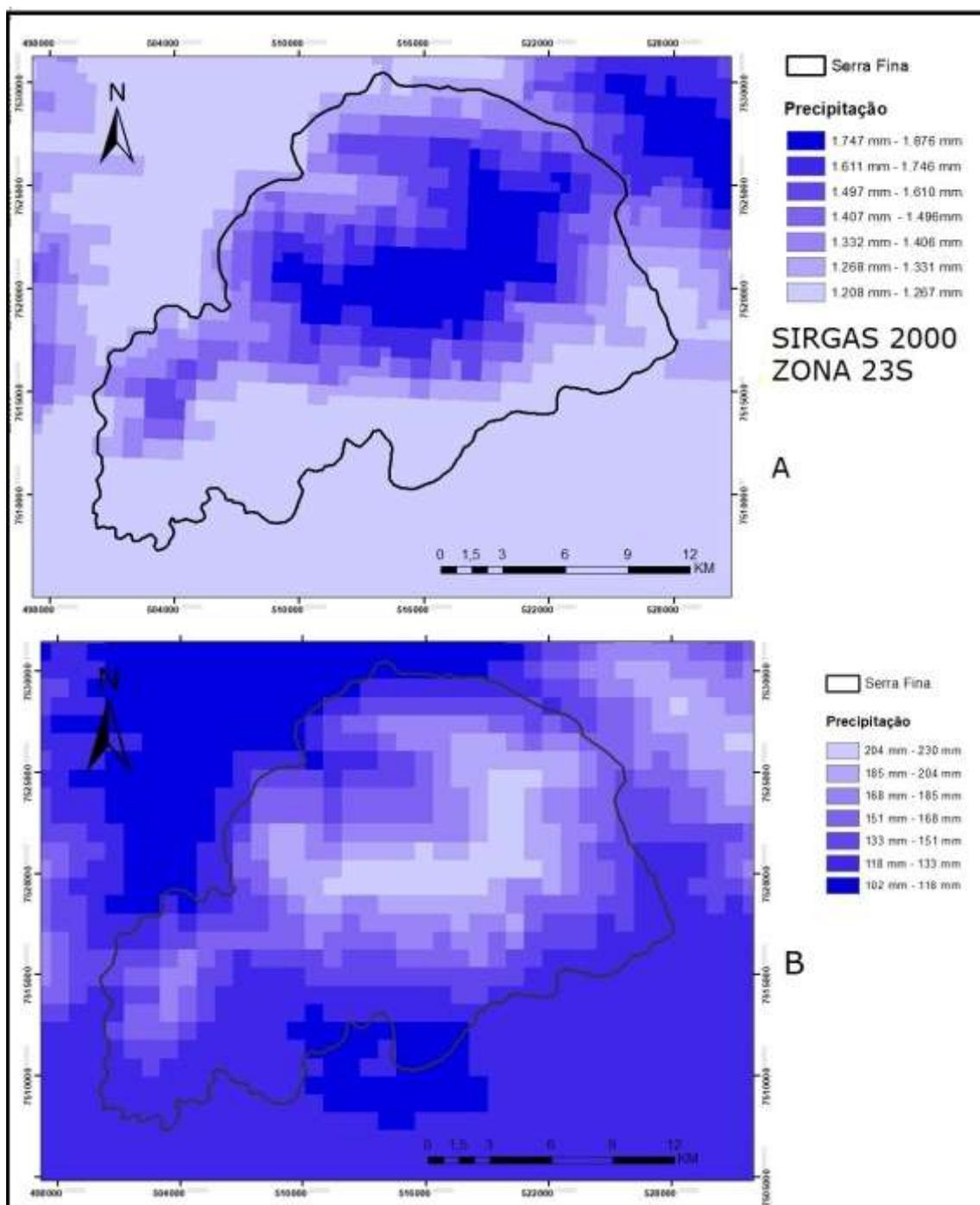


Figura 4. Climatologia das chuvas (1971-2000) na Serra Fina e entorno. (A) outubro a fevereiro; (B) maio a agosto.

Os cinturões de vegetação

Tal como as variações mesoclimáticas, a disposição de cinturões de vegetação de acordo com a altitude consiste num arranjo bastante conhecido na estrutura horizontal de paisagens

montanhosas. Na Serra Fina, as fitofisionomias florestais ascendem em torno dos 2000 metros de altitude (figura 5), ainda que em algumas vertentes os campos altimontanos podem medrar em patamares ao redor de 1700-1800 metros. Materializam-se então cinturões de vegetação com florestas ombrófilas submontanas a montanas nas vertentes escarpadas a barlavento e fisionomias semidecíduas nas vertentes a sotavento, fundamentalmente nos patamares reafeiçoados que definem pequenos interflúvios locais, numa estreita relação entre a vegetação e a sucessão altimétrica de formas de relevo. Tais fitofisionomias são envolvidas por florestas ombrófilas mistas e densas altomontanas, até as redomas ocupadas pelos campos de altitude.

Distintamente, conforme será discernido no mapa de geossistemas, as faixas de vegetação tendem a formar cinturões circulares ao redor do maciço da Serra Fina. O contato mais bem marcado, aquele estabelecido entre as matas e os campos de altitude, também tende a circularidade, com irregularidades engendradas pela orientação das vertentes, fundamentalmente no alto vale do rio Verde pela margem direita, onde as vertentes se orientam predominantemente para S e SE, contrastando com os campos que ocupam todo o vale pela margem oposta, diretamente a sotavento das escarpas voltadas para o rio Paraíba do Sul.

Os campos de altitude apresentam uma expressão espacial mais significativa nas vertentes a sotavento, onde assumem alguma continuidade ao longo dos topos e altas encostas. Em contraponto, são bem mais descontínuos nos flancos escarpados voltados para o gráben do rio Paraíba do Sul, onde as sucessões florestais são dominantes. Juntamente ao maciço alcalino do Itatiaia, a Serra Fina figura como uma das poucas espacialidades em todo o território brasileiro capaz de dispor cinturões de vegetação que começam em fitofisionomias submontanas em suas bases e terminam com campos herbáceos nas suas cimeiras. Assim ocorre também com o maciço alcalino do Itatiaia, batólito congênere com o qual mantém o mesmo vínculo genético e um arranjo similar de seus geossistemas, conforme demonstrado por Marques Neto (2016).

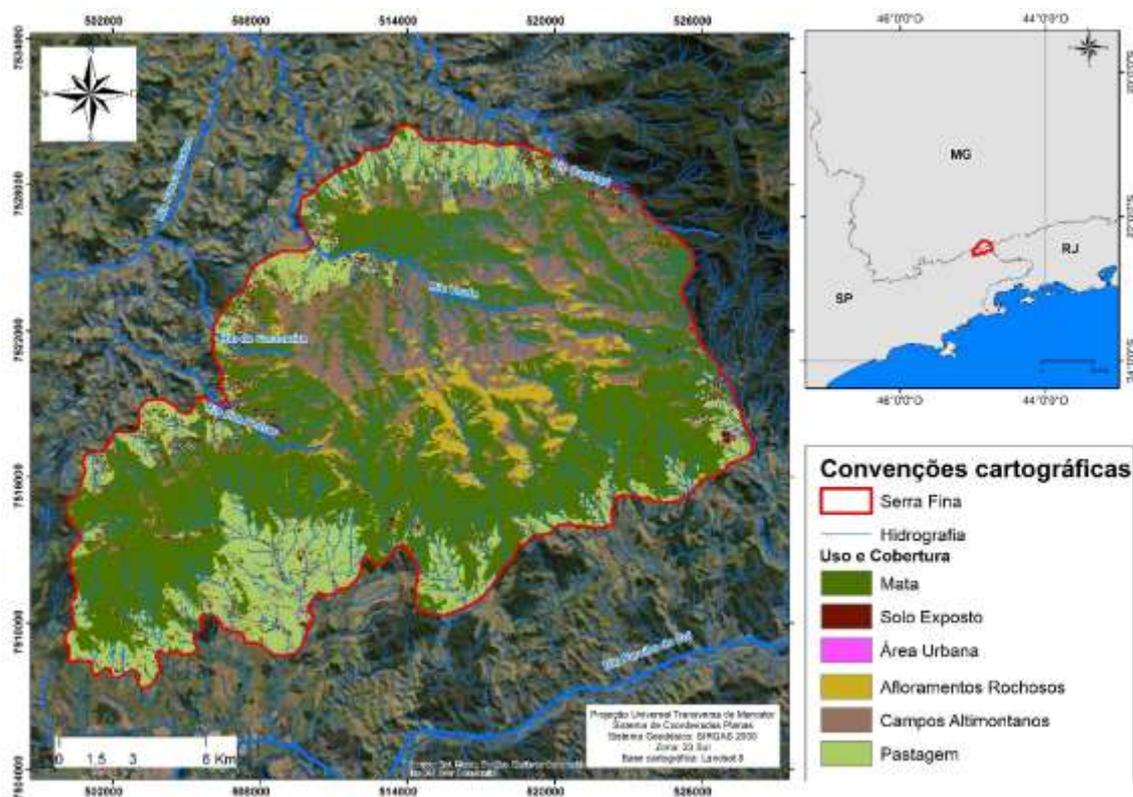


Figura 5. Serra Fina: uso da terra e cobertura vegetal.

Os cinturões de geossistemas

Em aderência à disposição das variáveis ambientais segundo cinturões de altitude, a sucessão dos geossistemas apresenta uma zonação altitudinal bem marcada. Os onze grupos de fácies interpretados e cartografados se integram em três classes de fácies definidas, juntamente aos grupos, a partir da sucessão de níveis topomorfológicos (figura 6 e 7). Na presente proposta, a Serra Fina foi classificada como um topogeócoro, um conjunto de integridades espaciais heterogêneas que engendram um indivíduo geográfico integralizável entre a escala local e mesorregional. O aludido geócoro, por seu turno, foi diferenciado segundo as tipicidades nele contidas (geômeros), que tiveram nos grupos de fácies sua unidade básica de mapeamento.

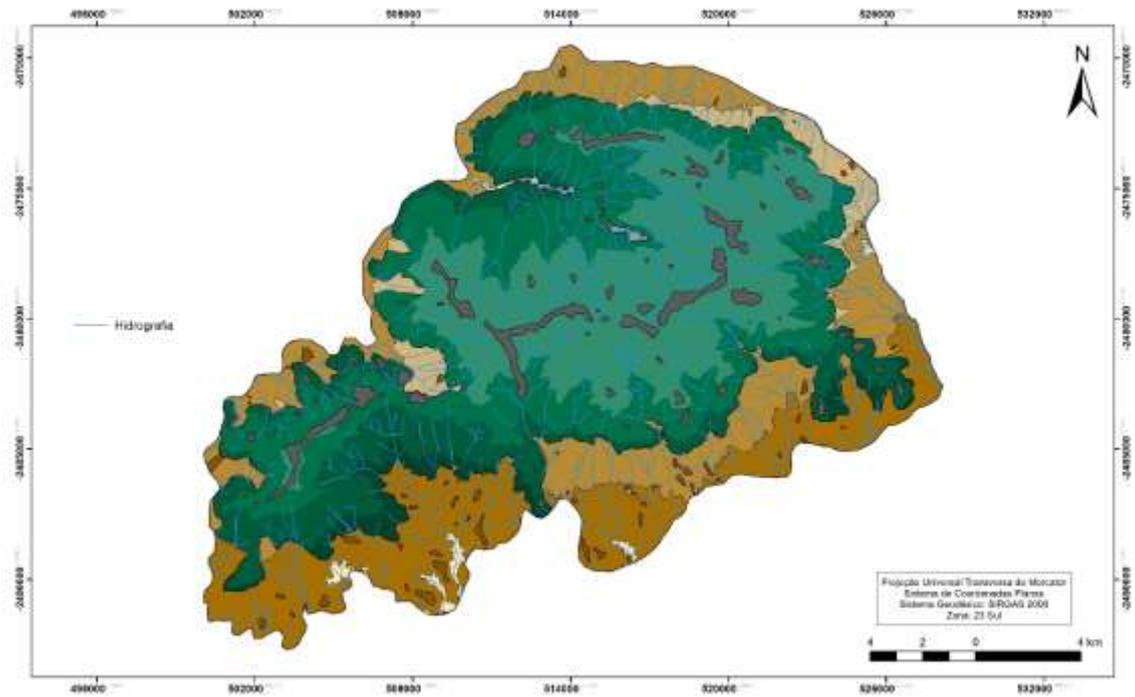


Figura 6. Serra Fina: distribuição dos geossistemas.



Figura 7. Geossistemas da Serra Fina: legenda.

Concebido a partir da integração de diferentes cinturões de altitude, a distribuição dos geossistemas mantém, portanto, um padrão de zonação altitudinal, confirmando a substituição de mosaicos e paisagens de acordo com a altitude e suas sucessões de formas de relevo, solos, organizações hidrográficas, vegetacionais, mesoclimáticas e de ocupação/transformação humana (figura 8). Em aderência à disposição em cinturões circundando um relevo de aspecto rotundo, a cartografia dos geossistemas desvela a aludida circularidade, com os diferentes grupos de fácies distribuindo-se em continuidade a envolver todo o maciço ígneo. À exceção feita dos enclaves altimontanos, os demais geossistemas não apresentam ruptura ao longo dos seus níveis topomorfológicos de ocorrência, característica marcante em paisagem arranjada em cinturões de altitude.

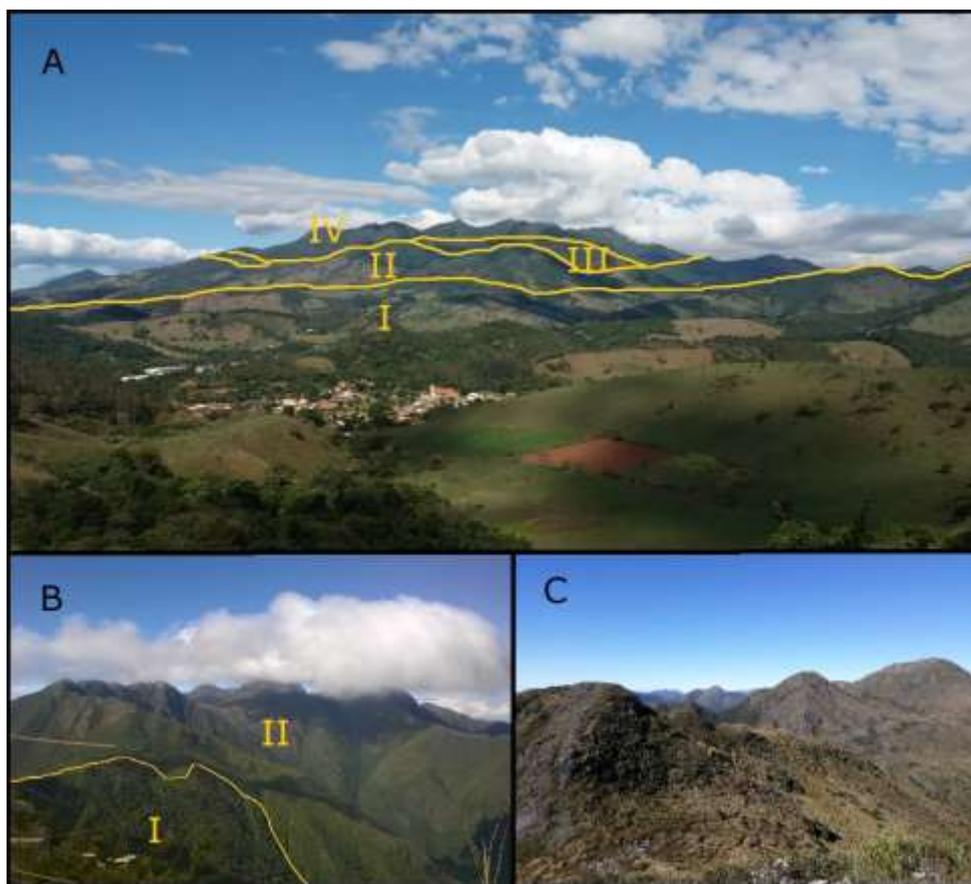


Figura 8. Disposição dos geossistemas na Serra Fina. (A) Organização geral da zonação altitudinal: I. Zona das florestas estacionais semidecíduais montanas das morrarias e baixos patamares; II. Zona das florestas ombrófilas mistas; III. Zona das florestas ombrófilas densas altomontanas; IV. Zona dos campos de altitude. (B) Ambientes altimontanos da Serra Fina: I. Zona das florestas ombrófilas densas altomontanas; II. Zona dos campos de altitude. (C) Superfícies somitais da Serra Fina com Campos de altitude. Fotos: Luiz Henrique de Oliveira.

Notadamente, os geossistemas com presença de organizações estruturais antropogênicas estão concentrados na classe de fácies vinculada ao relevo de patamares reafeiçoados, que perfaz os segmentos mais baixos da Serra Fina, onde o reafeiçoamento das vertentes em degraus tem forjado uma escadaria topográfica que colocam em conexão as escarpas de falha preservadas de declividades extremas e os degraus produtos de reafeiçoamento, dispostos em sucessões longitudinais de cristas e vales confinados com declives mais suavizados, possibilitando alguma ordem de ocupação humana, fundamentalmente pastagem. Nos taludes escarpados e nas superfícies de cimeira parcialmente recobertas por campos de altitude predominam as estruturas naturais da paisagem, posto que a elevada energia do relevo e sua geometria declivosa e de dissecação profunda definem um domínio absolutamente desfavorável para usos mais intensivos, definindo-se um padrão que já fora reconhecido para o contexto das montanhas tropicais brasileiras.

5. Discussão

No âmbito espacial dos grandes escarpamentos do Brasil Sudeste, indefectivamente o relevo é a variável mais expressiva na variação dos geossistemas e na composição de estruturas heterogêneas, tornando as paisagens montanhosas tropicais entidades espaciais extremamente complexas com acentuada variabilidade estrutural forjada na sucessão das condições climato-edafo-vegetacionais. É a elevação topográfica que diversifica os habitats e promove as variações mesoclimáticas necessárias para a existência de diferentes condições ambientais aproveitadas por diferentes explorações biológicas, além de dinamizar a intensidade dos processos físicos superficiais.

Os cinturões de altitude tipificam os geossistemas regionais no contexto dos grandes escarpamentos do Brasil Oriental, e que na fachada atlântica tem na Serra do Mar e na Serra da Mantiqueira suas principais representatividades. No âmbito de tais tipicidades, a Serra Fina figura como um dos setores mais representativos da variação altitudinal de geossistemas no conjunto das montanhas tropicais, com conectividades funcionais arranjadas em um padrão mais geral que ladeia (1) os geossistemas preservados da dissecação nas superfícies interfluviais; (2) os geossistemas escarpados que avultam com as rupturas de declive positivas nos rebordos dos somitais, e (3) os geossistemas dos patamares reafeiçoados em interflúvios locais gerados com o recuo das escarpas ou por compensações epirogenéticas. As escadarias topográficas são compartimentadas em níveis de base locais que se encerram em níveis de base regionais no sopé das escarpas montanhosas, com formação de planícies alveolares altimontanas em quebras topográficas locais e planícies de rios de leito aluvial contínuo nos níveis de base regionais onde os principais troncos coletores conduzem a dissecação da paisagem.

A Serra Fina se inscreve, portanto, em um geossistema regional designado por Geossistema da Alta Mantiqueira (MARQUES NETO, 2021), definido nas altas cristas de orientação geral NE-SW que se sobrelevam alinhadas ao gráben do rio Paraíba do Sul. Apesar de aninhar as tipicidades fundamentais de tal geossistema, a área em apreço ostenta algumas particularidades nas suas organizações estruturais e composicionais, e que reverberam no seu estado dinâmico-funcional.

A primeira diferenciação regional da Serra Fina a ser sublinhada é de ordem azonal, e tem a ver com seu vínculo genético e sua base geológica. A estrutura que arregimenta o maciço não foi gerada a partir dos eventos colisionais neoproterozoicos tal como as grandes zonas e cinturões de cisalhamento reativados por efeito do rifte continental. Assim como o maciço do Itatiaia, trata-

se de um corpo ígneo gerado por intrusão magmática em nefelina-sienitos processada durante a fase sin-rifte, e não por reativação de falhas preexistentes tal como se verifica nos *horsts* da Serra do Mar e da Serra da Mantiqueira. O resultado dessa geogênese específica no contexto do rifte continental do sudeste brasileiro (sensu RICCOMINI, 1989) é um relevo cuja circularidade pronunciada destoa do aspecto alongado das altas cristas que sustentam os patamares de cimeira da Serra da Mantiqueira.

Os efeitos de uma tectônica cenozoica continuada tem sido apontados como fundamentais na sustentação dos compartimentos mais elevados da Serra da Mantiqueira (SANTOS, 1999; GONTIJO, 1999; ZALAN e OLIVEIRA, 2005; MARQUES NETO, 2012), cujos desníveis com os patamares escalonados do reverso da Mantiqueira ultrapassam facilmente 1000 metros de amplitude em litotipos bastante similares, tipificados em gnaisses, migmatitos, granitos e outras litologias mais acessórias. Dadas as similitudes litológicas, os grandes desníveis regionais não se devem à erosão diferencial, mas se sustentam por atividade tectônica diferencial ao longo dos principais lineamentos estruturais. Nesse conjunto, os relevos sieníticos ao mesmo tempo amplificam como relativizam o padrão regional, uma vez que, por um lado, nefelina-sienitos são mais resistentes do que os litotipos gnáissico-granítico-migmatíticos, sustentando assim superfícies mais elevadas que aquelas sustentadas pelas rochas dominantes; por outro lado, o papel da neotectônica também tem contribuído para a elevação mais expressiva da Serra Fina, conforme demonstrado por Chiessi (2004).

A circularidade que caracteriza o corpo batolítico da Serra Fina define um sistema geomorfológico, portanto, distinto do restante da Serra da Mantiqueira. Das superfícies somitais mais elevadas do Brasil Sudeste é dispersada uma drenagem radial que posteriormente se arranja em padrão paralelo a subparalelo nas escarpas e patamares, configuração que se mantém invariavelmente nos nefelina-sienitos e tinguaitos. Na porção SW, a partir da margem esquerda do rio das Pedras, define-se um padrão subdendrítico e subparalelo mais típico no contexto da Serra da Mantiqueira, uma vez que o referido setor é balizado por biotita-gnaisses, e se inscreve no conjunto geomorfológico em apreço em função de sua entrada cultural e política, que reclama o consenso regional acerca da Serra Fina, conforme aludido anteriormente.

As altitudes extremas que o sistema geomorfológico em lume alcança engendram um acentuado campo de atração gravitacional, definindo um relevo de elevada energia e caracterizado por intenso retrabalhamento. As conectividades entre os compartimentos são marcadas por uma elevada transmissividade nos domínios escarpados, o que resulta na formação de zonas transacumulativas no contexto dos patamares, onde se depositam espessas rampas coluviais que se destacam no mapeamento de Soares et al. (2003) em relação ao próprio conjunto

da Serra da Mantiqueira. Tais rampas são pedogeneizadas em Latossolos e solos mesomaduros de horizonte B incipiente, com marcada inversão granulométrica sinalizando intensa contribuição das vertentes emissoras e transmissoras.

A Serra Fina, em vistas do exposto, figura como uma invariante distinta no contexto regional, o que repercute em um arranjo das suas variáveis de estado que, juntamente ao homólogo maciço do Itatiaia, difere dos padrões regionais de sucessão altitudinal. A variável de estado primeira a responder aos desníveis altimétricos é o clima regional, e suas sucessões meso e microclimáticas definem cinturões de vegetação que atingem zonas de rocha nua, uma das pouquíssimas áreas em território brasileiro onde a biomassa vegetal não se desenvolve devido à altitude. Nas paisagens montanhosas, fitofisionomias estacionais típicas dos regimes tropicais sazonais se interpenetram a orobiomas engendrados pelo relevo, formando conjugações complexas de geossistemas com predomínio de fatores zonais e azonais muitas vezes interseccionados por ecótonos de difícil distinção.

Os cinturões de tropicalidade ostentadores de florestas semidecíduas, bem como as faixas de clima tropical de altitude com florestas mistas e densas altomontanas, apresentam certa continuidade de distribuição no domínio das terras altas da Serra da Mantiqueira. A principal descontinuidade é definida nas áreas de campos de altitude das elevações mais extremas, e nesses enclaves é que reside a principal diferenciação, uma vez que as vegetações de campo variam conforme a natureza da rocha, sobretudo aqueles de índole rupestre, nesse caso relacionados a litotipos bastantes específicos no contexto regional. As principais diferenciações composicionais e estruturais tangentes à Serra Fina, portanto, ocorrem nos geossistemas altimontanos recobertos pelos campos de altitude, respondendo a um fator de ordem azonal deveras influente na zonação altitudinal dos geossistemas.

Uma série de autores já discutiram as diferenciações fitofisionômicas e florísticas em campos altimontanos em função dos tipos de rocha sobre o qual as formações campestres medram, com diferenciações bem marcadas, por exemplo, em quartzitos e em gnaisse-granitos (SEMIR, 1991; BENITES et al. 2003). No mesmo tom, os campos em nefelina-sienitos também sustentam enclaves particulares em termos fisionômicos e florísticos, como tem sido apontado por diversos autores, sobretudo no maciço do Itatiaia, onde os estudos tem se concentrado, sempre apontando para os relevos sieníticos como áreas de endemismo e/ou provável refúgio (MORIM, 2006; BARBERENA, BAUMGRATZ e CHIAVEGATTO, 2008).

Além dos aspectos estruturais e composicionais, o comportamento das variáveis de estado no âmbito da Serra Fina e seu vizinho Itatiaia se distingue do conjunto geral das *highlands* do território brasileiro. A posição topográfica mais elevada imprime variações mais extremas no clima

tropical de altitude, dando margem a um tipo subtropical de altitude, cujas médias térmicas anuais são mais baixas em relação ao conjunto dos tetos orográficos regionais, e as amplitudes térmicas ainda mais pronunciadas, com maior incidência de geadas, que, segundo Modenesi-Gauttieri e Nunes (1998), ocorrem em todos os meses do ano, exceção feita em janeiro e fevereiro. As autoras destacam ainda que os processos geocriogênicos são mais copiosos nessas áreas, propiciados pelo congelamento parcial de águas superficiais durante o inverno (quando a queda abaixo de 0 °C é frequente), o que provoca a formação de cristais aciculares de gelo na superfície úmida do solo e de placas de gelo a partir do congelamento de poças d'água. Em situações extremas, eventos espasmódicos de precipitações nivais são registrados para a área, ainda que em condição de raridade.

Estruturalmente, não existe no contexto brasileiro outras áreas balizadas por intrusões em nefelina-sienitos formando relevos batolíticos circulares. Define-se um caráter *sui generis* mesmo no âmbito de margens passivas intertropicais, promovendo uma assinalada variação regional da estrutura da paisagem no domínios dos grandes escarpamentos. Às particularidades inerentes à estrutura dos geossistemas se encadeiam, naturalmente, particularidades composicionais diretamente associadas, assinaladas nos endemismos da flora e da fauna que ocorrem devido à disjunção que a elevação topográfica promove. Na mesma medida, traços muito particulares no estado dinâmico-funcional da paisagem são definidos pelas maiores amplitudes e elevações, com respostas amplificadas relacionadas ao controle climático de altitude.

O maciço da Serra Fina figura como um enclave congênere ao maciço do Itatiaia, um mesorreduto de altitude que se impõe como uma paisagem de exceção das mais únicas em todo o território brasileiro, uma vez que imbrica exceções tangentes tanto aos elementos invariantes do geossistema (base geológica e morfoestrutural) como às suas variáveis de estado (coberturas superficiais, biomassa, águas, clima). A estrutura da Serra Fina, enfaticamente sua redoma altimontana, se enquadra na noção de *paisagem única* definida por Rodriguez et al. (2010), cuja estrutura, composição, e aspectos dinâmico-funcionais se integralizam de maneira que não ocorrem em outra localidade da Terra.

5. Considerações finais

Paisagens únicas e/ou de exceção tendem a ser espacialidades carismáticas, normalmente visadas para atividades turísticas e programas conservacionistas. Muito comumente, tais tipologias encerram *highlands* distribuídas em paisagens montanhosas e chapadas, tal como ocorre em várias unidades de conservação de proteção integral do território brasileiro: Parque

Nacional do Itatiaia, Parque Nacional da Serra dos Órgãos, Parque Nacional da Serra da Canastra, Parque Nacional da Serra do Cipó, Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, entre tantas outras áreas. Indubitavelmente, a Serra Fina agrega beleza cênica e valores ambientais de primeira grandeza, figurando como um importante geopatrimônio regional. Ao mesmo tempo em que é dotada de assaz singularidade, não deixa de ser representativa das paisagens montanhosas tropicais em vários de seus aspectos.

Estudos mais específicos são escassos na Serra Fina enquanto unidade geossistêmica, e a quantificação de seus valores ambientais é necessária para a geração de dados mais precisos e de baixa subjetividade que subsidiem programas conservacionistas e de prevenção de impactos. Da mesma forma, estudos florísticos são imperiosos na unidade em apreço a fim de avaliar suas similitudes e dissimilaridades em relação ao conjunto da Serra da Mantiqueira, em especial ao maciço do Itatiaia, unidade que se sustenta na mesma base invariante da paisagem: relevo alçado por intrusão batolítica anorogênica e balizado por nefelina-sienitos.

Para o presente estudo de caso, os resultados comprovaram não apenas uma zonação altitudinal engendrada pelas variações na estrutura superficial da paisagem ao longo dos flancos escarpados das montanhas tropicais, mas apreendeu variações importantes no estado dinâmico-funcional dos geossistemas. Para tal, as análises climáticas se fizeram imprescindíveis, apontando a importância da escala mesoclimática nos estudos integrados da paisagem, enfaticamente das paisagens montanhosas, onde distâncias relativamente curtas implicam em variações no comportamento térmico e pluviométrico e até mesmo nas classificações climáticas. Sendo o clima o regulador fundamental do funcionamento dos geossistemas, a observação e o trato quantitativo de variáveis de interesse é de grande valia para respaldar com dados absolutos as classificações geossistêmicas e as diferenciações a partir de sua dinâmica, abrindo caminho para a abordagem geossistêmica se aprofundar em modelizações preditivas de alterações ambientais em face a mudanças climáticas.

Referências

ABALAKOV, A. D.; SEDYKH, S. A. Regional-typological study and mapping of geosystems: analysis of the implementation. **Geography and Natural Resources**, v. 31, p. 317-323, 2010.

AB'SÁBER, A. N. Posição das Superfícies Aplainadas no Planalto Brasileiro. **Notícia Geomorfológica**. v. 3, n. 5. Campinas, 1960.

AB'SÁBER, A. N. **Brasil: paisagens de exceção**: o litoral e o Pantanal Mato-grossense: patrimônios básicos. Cotia, SP: Ateliê Editorial, 2006. 182p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA - <https://www.gov.br/ana/pt-br>. Acesso em 09/11/2021.

ALMEIDA, F. F. M. Geologia do Estado de São Paulo. **Boletim n° 41**, 1964. 263p.

BARBERENA, F. F. V. A.; BAUMGRATZ, J. F. A.; CHIAVEGATTO, B. Melastomataceae no Parque Nacional do Itatiaia, sudeste do Brasil: tribos Bertoloniaeae e Merianieae. **Rodriguésia**, v. 59, n. 2, p. 381-392, 2008.

BENITES, V. M.; CAIAFA, A. N.; MENDONÇA, E. S.; SCHAEFER, C. E.; KER, J. C. Solos e vegetação nos complexos rupestres de altitude da Mantiqueira e do Espinhaço. **Floresta e Ambiente**, v. 10, n. 1, p. 76-85, 2003.

CAVALCANTI, L. C. S. **Da descrição de áreas à Teoria dos Geossistemas: uma abordagem epistemológica sobre sínteses naturalistas**. 2013, 205p. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

CHIESSI, C. M. **Tectônica Cenozoica no Maciço Alcalino de Passa Quatro (SP-MG-RJ)**. 2004. Dissertação (Mestrado em Geologia). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 236p.

COUTINHO, L. M. **Biomass brasileiros**. São Paulo: Oficina de Textos, 2016. 128p.

DEFFONTAINES, P. Ensaio de Geografia Humana da Montanha. **Revista Brasileira de Geografia**, n. 4, p. 3-22, 1947.

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

ESPÍNDOLA, C. R. **Gênese e evolução das formações superficiais nos trópicos**. São Paulo: Editora Beca, 2013. 364p.

ISACHENKO, A. G. **Principles of landscape science and Physical Geography Regionalization**. Melbourne, 1973. 311p.

KING, L. C. A Geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, 18: 147-265, 1956.

LAMEGO, A. R. **O Homem e a serra**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística\Conselho Nacional de Geografia, 1963. 454p.

MARQUES NETO, R. A cartografia geomorfológica segundo o tipo de paisagem: uma proposta para a Mantiqueira Meridional no contexto das regiões montanhosas tropicais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n. 1, p. 101-116, 2020.

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.

MORIM, M. P. Leguminosae arbustivas e arbóreas da floresta atlântica do Parque Nacional do Itatiaia, sudeste do Brasil: padrões de distribuição. **Rodriguésia**, v. 57, n. 1, p. 27-45, 2006.

PAPAVERO, N.; TEIXEIRA, D. M.; BOUSQUETS, J. L.; BUENO, A. **Historia de la Biogeografía**. I. El período preevolutivo. México: FCE, 2004. 271p.

RICCOMINI, C. **O rift continental do sudeste do Brasil**. São Paulo, 1989. 256p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. São Paulo: Hucitec, 1979, 374p.

SEMIR, J. **Revisão taxonômica de Lychnophora Mart. (Vernoniaceae: Compositae)**. 1991. 515p. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal). UNICAMP, Campinas, 1991.

SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; DERZE, G. R.; ASMUS, H. E. **Geologia do Brasil**. Brasília: MME/DNPM, 1984. 501p.

SOCHAVA, V. B. Geography and ecology. **Soviet Geography: review and translation**. New York, v. 12, n. 5, p. 277-293, 1971.

SOCHAVA, V. B. O Estudo dos Geossistemas. **Métodos em Questão**. Nº 16. USP-IGEO. São Paulo, 1977.

SOARES, A. C. P.; NOCE, C. M.; TROUW, R. A. J.; HEILBRON, M. **Projeto Sul de Minas**. COMIG-UFMG-UFRJ-UERJ, 2002.

SIZYKH, A. P. Zonality, interzonality, high belts and extrazonality in the vegetation structure (some methodological aspects). **Open Access Library Journal**, v. 3, p. 1-7, 2016.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 21/04/2018.

WALTER, H. **Vegetação e zonas climáticas**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária. 5ª ed., 1984.

ZALAN, P. V.; OLIVEIRA, J. A. B. Origem e evolução estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 269-300, 2005.