

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
POLO UNIVERSITÁRIO DE CAMPOS DOS GOYTACAZES
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SOCIEDADE E DESENVOLVIMENTO REGIONAL
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA DE CAMPOS

RAFAELA GAMA DE MORAES

**ANÁLISE MORFOTECTÔNICA COM BASE NO RECONHECIMENTO DE
ANOMALIAS DE DRENAGEM EM UM TRECHO DA BACIA DO RIO POMBA
(MIRACEMA/RJ)**

UNIVERSIDADE
FEDERAL
FLUMINENSE

Campos dos Goytacazes
2018

RAFAELA GAMA DE MORAES

ANÁLISE MORFOTECTÔNICA COM BASE NO RECONHECIMENTO DE
ANOMALIAS DE DRENAGEM EM UM TRECHO DA BACIA DO RIO POMBA
(MIRACEMA/RJ)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Geografia pela Universidade Federal Fluminense, Polo Universitário Campos dos Goytacazes, como um dos requisitos necessário para obtenção do grau em Bacharelado em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Pinto da Silva

Campos dos Goytacazes
2018

M827 Moraes, Rafaela Gama de
Análise Morfotectônica com base no reconhecimento de anomalias de drenagem em um trecho da bacia do Rio Pomba (Miracema/Rj)/ Rafaela Gama de Moraes. – Campos dos Goytacazes, 2018.

52 f.: il.

Orientador: Thiago Pinto da Silva.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal Fluminense, Instituto de Ciências da Sociedade e Desenvolvimento Regional, 2018.

Bibliografia: f. 50-52.

1. Morfotectônica. 2. Geomorfologia. 3. Anomalias de drenagem. 4. Rio Pomba (Miracema/Rj). I. Silva, Thiago Pinto da. II. Universidade Federal Fluminense. Instituto de Ciências da Sociedade e Desenvolvimento Regional. III. Título.

CDD 550

RAFAELA GAMA DE MORAES

ANÁLISE MORFOTECTÔNICA COM BASE NO RECONHECIMENTO DE
ANOMALIAS DE DRENAGEM EM UM TRECHO DA BACIA DO RIO POMBA
(MIRACEMA/RJ)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Geografia pela Universidade Federal Fluminense, Polo Universitário Campos dos Goytacazes, como um dos requisitos necessário para obtenção do grau em Bacharelado em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Pinto da Silva

Aprovado em ____ de dezembro de 2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr Thiago Pinto da Silva
Universidade Federal Fluminense
Professor orientador

Prof. Dr Eduardo Manuel Rosa Bulhões
Universidade Federal Fluminense

Prof. Dra. Adriana Filgueira Leite
Universidade Federal Fluminense

Campos dos Goytacazes
2018

AGRADECIMENTOS

O meu maior agradecimento é a minha mãe, Rita, por todo o incentivo e apoio durante estes quatro desafiadores anos de graduação.

Ao meu orientador, Thiago, pelos conselhos, paciência e puxões de orelha.

Ao Professor Glauco por ter expandido meus caminhos pela Geografia e a todos os demais que contribuíram para minha formação acadêmica.

À Gabrielly, Amorita, Flávia, Bruna e Fabrício pela amizade e por terem tornado os dias mais suportáveis.

À Universidade Federal Fluminense que me proporcionou o intercâmbio para Portugal, experiência que mudou a minha vida por completo.

RESUMO

O presente trabalho objetivou a análise da influência Morfotectônica exercida sobre um trecho da bacia de drenagem do Rio Pomba, com base na carta topográfica 1: 50.000 de Miracema, no Estado do Rio de Janeiro. A inserção da área de estudo no Rift Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) evidencia uma série de esforços Neotectônicos no qual a reativação de estruturas pré-existentes está diretamente relacionada ao rearranjo de drenagens. A metodologia foi investigativa, realizada com o auxílio do programa *Qgis* e *Google Earth*, a partir do mapeamento de três categorias de anomalias: colinear, não colinear e captura por cotovelo. Depois de identificadas, estabeleceram-se as orientações dos fluxos antigos e novos de cada escoamento para a verificação do controle estrutural. Além da extensa revisão literária, a ida a campo se mostrou necessária para a confirmação das hipóteses. Os resultados indicaram falhas ortogonais ao sentido das anomalias associadas a Transcorrências Dextrais e Sinistrais de orientação NW-SE e NE-SW, respectivamente. São estruturas que podem ter relação com o Neotectonismo ocorrido ao longo da evolução Cenozoica.

Palavras-chave: Zona de reativação tectônica. Bacia de drenagem. Evolução crustal. Tectônica Recente.

ABSTRACT

The objective of this work was to analyze the Morphotectonic influence exerted on a section of the drainage basin of the Pomba River, based on the topographical map 1: 50.000 of Miracema, in the State of Rio de Janeiro. The insertion of the study area in the Southeastern Brazilian Rift (RCSB) shows a series of Neotectonic efforts in which the reactivation of preexisting structures is directly related to the rearrangement of drainage. The methodology was investigative, carried out with the help of the Qgis and Google Earth programs, from the mapping of three categories of anomalies: collinear, non collinear and capture by elbow. Once identified, the orientations of the old and new flows of each run were established for the verification of the structural control. Besides the extensive literary revision, the trip to the field was necessary for the confirmation of the hypotheses. The results indicated orthogonal faults to the sense of the anomalies associated with Dextral and Sinistral Transcurrences of orientation NW-SE and NE-SW, respectively. These are structures that may be related to the Neotectonism that occurred throughout the Cenozoic evolution.

Keywords: Tectonic reactivation zone. Drainage basin. Crustal evolution. Recent Tectonics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de localização da área de estudo com a identificação do local onde a carta topográfica de Miracema 1:50.000 está inserida, no Estado do Rio de Janeiro	12
Figura 2 Mapa da compartimentação tectônica do Sudeste do Brasil. 1 – Riftes Cenozóicos; 2 – Rochas alcalinas do Cretáceo e Terciário; Orógeno Brasília (3-4); 3 – Nappes Inferiores; 4 – Nappes Superiores; 5 – Embasamento do CSF e Domínio Autóctone; 6 – Supergrupo São Francisco; 7 – Metassedimentos do Domínio Autóctone; Orógeno Ribeira (8-13); 8 – Domínio Andrelândia e 9 – Domínio Juiz de Fora do Terreno Ocidental; 10 – Klippe Paraíba do Sul; 11 – Terreno Oriental; 12 – Granitóides do Arco Magmático Rio Negro; 13 – Terreno Cabo Frio; Orógeno Apiaí/Embú (14-15); 14 – Terrenos São Roque e Açungui; 15 – Terreno Embú.	16
Figura 3 Domínios Morfoestruturais do Estado do Rio de Janeiro, com a indicação da área da carta topográfica de Miracema	19
Figura 4 Captura de drenagem por transbordamento	23
Figura 5 Captura de drenagem por recuo de cabeceira	23
Figura 6 Fases tectônicas durante o Cenozóico no Sudeste brasileiro de acordo com diferentes autores.....	32
Figura 7 Formas de rearranjo da drenagem após processos de capturas. (A) capturas por extensão da cabeceira; (B) e (C) capturas por migração lateral de uma bacia adjacente, ou através de extensão de cabeceira de um tributário (B) ou migração lateral de um rio para captura de tributário adjacente (C).....	35
Figura 8 Mapeamento de anomalias colineares na carta de Miracema 1:50.000	36
Figura 9 Anomalia colinear com presença de vale abandonado	37
Figura 10 A Anomalia selecionada vista por imagem de satélite	37
Figura 11 Anomalia colinear em destaque com presença de vale seco em destaque. Não foi possível a determinação de fluxo novo e fluxo antigo, pois os dados envolvendo a drenagem neste caso se mostraram insuficientes para realizar tal atividade.....	38
Figura 12 Mapeamento de anomalias não colinearesna carta 1:50.000.....	39
Figura 13 Mapeamento de capturas por cotovelo na carta 1:50.000	40
Figura 14 Captura por cotovelo com presença de vale seco visitada em campo. Sua ocorrência está relacionada à possível evento de falha e erosão remontante.....	40
Figura 15 Facetas trapezoidais no mesmo segmento da drenagem com cotovelo ...	41
Figura 16 Verificação por imagem de satélite da captura com cotovelo encontrada em campo	41

Figura 17 A mesma feição em destaque na carta, com orientação de fluxo novo e fluxo antigo.....	42
Figura 18 MIRA 02 com plano de falha encoberto por vegetação.....	43
Figura 19 Fotomosaico interpretado do ponto MIRA 04, apontando gnaisses muito intemperizados (SS); linha cascalhos; delimitação dos planos de falha e a sua movimentação	44
Figura 20 Orientação de estria levemente transcorrente medida em MIRA 04.....	44
Figura 21 Linha de cascalhos que seguem o falhamento, com cobertura sedimentar do Pleistoceno	45
Figura 22 Mapeamento de fluxos novos e antigos das três categorias de anomalias	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Classificação de três tipos de anomalias e quantificações.....	42
Tabela 2 Orientação das falhas e suas quantificações.....	47

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	11
3 ÁREA DE ESTUDO	12
4 GEOLOGIA	13
5 GEOMORFOLOGIA	18
6 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
6.1 Anomalias	20
6.2 Morfotectônica	25
6.3 Neotectônica	27
7 METODOLOGIA	32
8 RESULTADOS	35
REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

Os esforços decorrentes da formação do Rift Continental do Sudeste do Brasil (RICCOMINI, 1989) durante o Cenozoico produziram depressões com relevantes depósitos sedimentares, limitadas em sua extensão por serras e planícies de forma intercalada. O resultado criou uma paisagem tipicamente caracterizada por *horsts* e *grabens* cujas feições se mostram presentes ao longo de toda a região. As drenagens são sensíveis a qualquer mudança e, em especial, as de ordem tectônica, onde procura por se ajustar entre as deformações causadas no relevo. A análise Morfotectônica é necessária para a compreensão da evolução da área de estudo, incluindo a influência e magnitude de eventos recentes.

O tempo, os elementos climáticos e perturbações tectônicas são apenas alguns dos diversos processos dinâmicos sofridos na Terra. A força de escoamento de um rio é um dos agentes mais efetivos na esculturação do relevo (PENTEADO, 1974), sendo este um processo em constante evolução. As falhas nesta dinâmica produzem feições bastante particulares que tornam possível determinar de forma indireta a sua atuação.

O reconhecimento de discontinuidades no curso de algumas drenagens ao longo de trechos do Rio Pomba dá indícios do controle estrutural que podem ser expressos por curvas abruptas, capturas por outros canais e vales abandonados.

Considerando o passado geológico da área, a complementação do estudo considerou quais eventos foram responsáveis pelas capturas das linhas de drenagens. No Brasil, os eventos Neotectônicos estariam relacionados aos processos de deriva do continente sul-americano, ocorridos a partir do Terciário, com movimentações ainda vigentes em ambiente intraplaca (HASUI, 1990).

A suspeita da ocorrência destes está pautada na ideia de que: 70% das anomalias tectônicas são consideradas antigas; as falhas transcorrentes de maiores dimensões no mundo mostram evidências de novos deslocamentos, podendo ser de ordem Neotectônica; e lineamentos Pré-Cambrianos que podem estar marcados por fluxo de calor e sismicidade (SALAMUNI, 1998).

2 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo geral a caracterização Morfotectônica e a sua relação com o rearranjo de drenagens, considerando a influência de movimentos tectônicos recentes.

Pretende-se nos objetivos específicos:

- Identificação de anomalias nas drenagens contidas na carta de Miracema, com escala 1:50.000;
- Mapeamento via *Software Qgis* e ida a campo para reconhecimento das feições previamente selecionadas;
- Busca por descontinuidades crustais pela identificação de fluxos novos e fluxos antigos. As falhas são ortogonais a direção dos escoamentos, possuindo relação direta com o surgimento das anomalias.

3 ÁREA DE ESTUDO

A carta topográfica da área de estudo está localizada no Noroeste Fluminense, no Estado do Rio de Janeiro, abrangendo o município de Miracema (RJ) e uma pequena parte de Palma (MG). Miracema está inserida no médio-baixo curso do rio Paraíba do Sul e diversos afluentes deságuam no Rio Pomba, situado ao sul da carta.

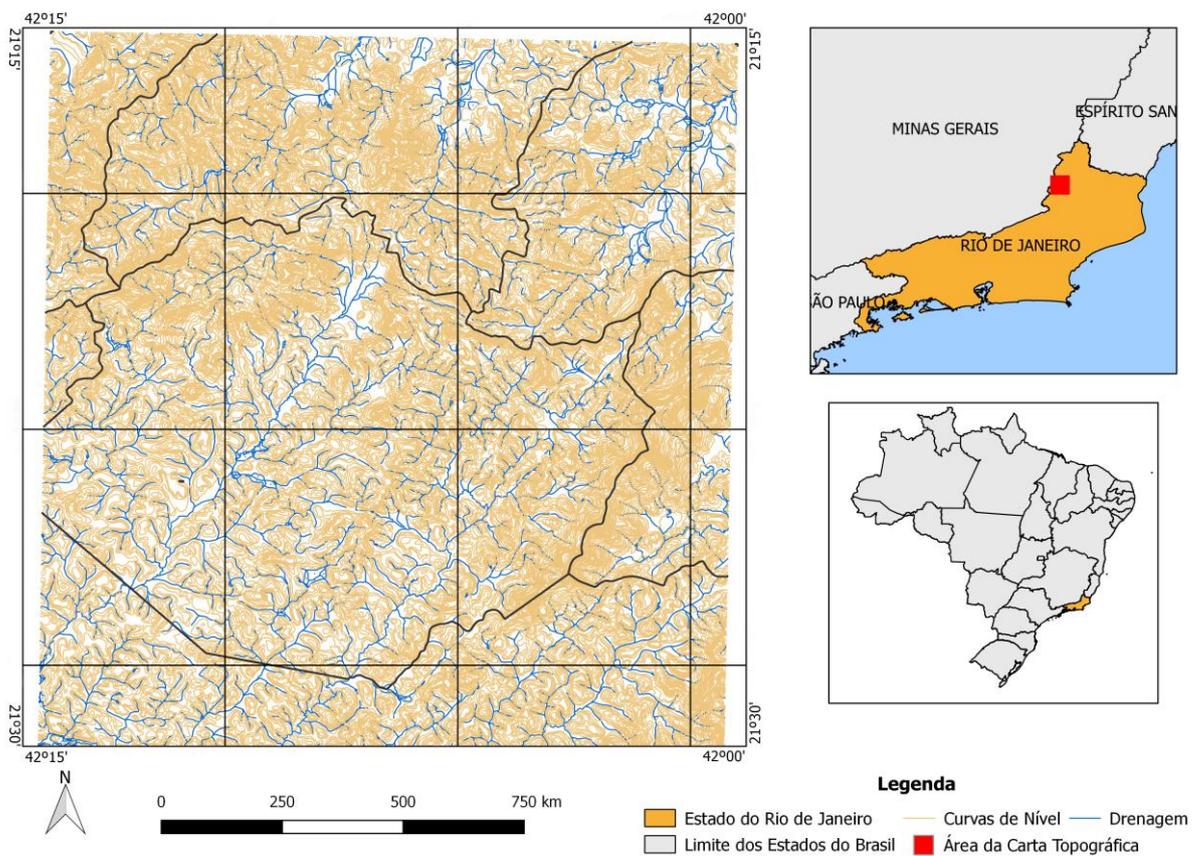


Figura 1 Mapa de localização da área de estudo com a identificação do local onde a carta topográfica de Miracema 1:50.000 está inserida, no Estado do Rio de Janeiro. Fonte: Elaborado pelo autor. Confeccionado no programa *Qgis*.

4 GEOLOGIA

A Plataforma Sul-Americana corresponde à fração continental da placa homônima que permaneceu estável durante a abertura do oceano Atlântico (BIZZI *et al*, 2003). A Província Mantiqueira guarda registros das transformações ocorridas na Plataforma durante o Neoproterozóico e é considerada um grande arcabouço pré-cambriano do Sudeste do Brasil desenvolvido em resposta ao “Ciclo Brasileiro” de Almeida (1967).

Segundo Baiense (2011), a Província é uma extensa área que vai do nordeste brasileiro, entre o Sul da Bahia, até o Rio Grande do Sul, com aproximadamente 700.000 km², em uma direção preferencial de NE-SW. Miracema está situada no segmento setentrional, entre os orógenos de Ribeira e Araçuaí.

O Orógeno Ribeira é formado pelo contato do Cráton de São Francisco com a placa do Congo e por diversas microplacas. A colisão ocorrida durante o evento Brasileiro ocasionou em zonas de dobramento, empilhamento de terrenos e zonas de cisalhamento transpressivos dextrais. A fronteira entre Orógeno Ribeira e o Orógeno Araçuaí é marcada por uma mudança de direção de NNE, a norte, e NE, para sul, ocorrendo na altura da latitude 21° S.

O Orógeno Araçuaí foi formado pelo contato entre o Cráton São Francisco e o Cráton do Congo, estando inserido no Orógeno Araçuaí-Congo que envolve o continente Africano. É dividido em três compartimentos tectônicos: domínio externo, relacionada à faixa envolta por dobramentos e empurrões a Sudeste do Cráton de São Francisco; domínio interno, que ocorre no núcleo metamórfico-anatético do orógeno; e inflexão setentrional, que corresponde à expressiva curvatura do Orógeno Araçuaí, com traços estruturais brasileiros evidentes a leste, características metamórficas do domínio externo a norte e, a sul, do domínio interno (BAIENSE, 2011).

A geologia da área e o grupo de rochas estão associados à formação da Faixa Ribeira, abrangendo seis grupos e complexos, CPRM (2001):

Grupo Italva é abundante em mármore e anfibólitos. Metamorfismo com deformação moderada e xistosidade grossa, representados pelos gnaisses homogêneos e bandados encontrados na região. A Unidade Macuco é a mais predominante do grupo, formada por gnaisses homogêneos de origem vulcanossedimentar, leucocráticos e finos. Os bandados são quartzo-feldspáticos alternados com biotita.

Complexo Serra da Bolívia é um complexo plutônico gnaissificado, com ortognaisses e ortogranulitos de composições variadas, com granulação média a grossa. As rochas da área são comuns em relevos acidentados e a encostas íngremes, como o que ocorre em serras.

Grupo Andrelândia é constituído de três unidades: granada-biotita gnaisse bandado, predominante na área e contém intercalações de simimanita-granada-biotita, rocha calcissilicática e gondito.; biotita gnaisse bandado com xistosidade preferencial dada a orientação dos grãos de biotita, com bandamentos mais e menos félsicos; e quartzito intercalado de granulação fina a média e textura granoblástica. As rochas deste grupo estão mais expostas em afloramentos do tipo meia-encosta, topo de morros, lajes em leitos de rios e cortes de estrada.

Complexo Rio Negro possui em grande quantidade corpos plutônicos, de composições variadas, metamorfisados e mais ou menos gnaissificados. Em maior escala são encontrados gnaisses mesocráticos de grão médio a grosso, com foliação irregular, composta por agregados planares de biotita e hornblenda. Há também uma série tornalítica com hornblenda, titanita e plagioclásio predominantemente cálcico. São encontradas em afloramentos do tipo paredões, topos de morros, escarpas, lajedos em leitos de rios e drenagens e campos de blocos.

Grupo Bom Jesus do Itabapoana possui como rocha dominante granada-biotita gnaisse, de composição e estrutura heterogênea por seu alto grau migmatítico. São observadas em afloramentos do topo lajedos em leitos de rios, topos de morros, meia encosta, cortes de estrada e em raras pedreiras desativadas.

O Complexo Juiz de Fora apresenta granulitos gnaissificados de origem ígnea, com composições variadas de gabros, dioritos, tonalitos e granodioritos. É um

complexo com litotipos bastante diversificados, incluindo rochas charnockíticas, charno-enderbíticas, enderbíticas e rochas gabróicas. Os melhores afloramentos estão concentrados em cortes de estrada, topo de morro, meia encosta e em lajes em leito de rios.

A Faixa Ribeira está inserida na Província Mantiqueira, sendo ao norte limitada pela Faixa Araçuaí, e os terrenos que a compõem são estruturalmente bastante descontínuos com a presença de empurrões e zonas de cisalhamento transpressivas subverticais. Sua constituição está relacionada a junção do Supercontinente Gondwana, entre o Neoproterozóico e o Cambriano.

A área possui estruturas de direção NE-SW a NNE-SSW que estão inseridas na Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul. Esta engloba zonas de cisalhamento transpressas dextrais responsáveis pela organização dos movimentos que se deram durante o evento brasileiro de orogênese. A ZCRPS, entretanto, está inserida em um sistema maior chamado de Megafalha de Cubatão que se estende do norte do Espírito Santo até a costa do Paraná. A influência deste sobre o rio Paraíba do Sul é significativa, pois influenciou a retilinidade durante todo o seu curso dentro do Estado do Rio de Janeiro – forma que evidencia o poder do lineamento estrutural que condicionou o rio a adaptar-se.

A Faixa Ribeira se estende por 1400 km ao longo da costa do Brasil e possui no setor central quatro terrenos tectono-estratigráficos: Ocidental, Oriental, Paraíba do Sul/Embú e Cabo Frio. Os dois primeiros são separados por uma complexa zona de cisalhamento redobrada com mergulhos subverticais a moderados para NW na porção centro-sul do Estado, e mergulhos SE a noroeste. O limite chamado de CTB (*Central Tectonic Boundary*) representa uma zona de sutura entre ambos, com uma zona de cisalhamento dobrada característica de locais que se desenvolveram sob altas temperaturas.

Terreno Ocidental está relacionado à paleoplaca inferior e é subdividido em dois domínios: Andrelândia e Juiz de Fora, que apresentam características estruturais e litológicas distintas. O Domínio Andrelândia está inserido em uma zona de interferência direta com a Faixa Ribeira e conserva grandes dobras e empurrões de baixo a médio ângulo. No Domínio Juiz de Fora ocorreu intensa intercalação tectônica, com empurrões de alto ângulo.

Terreno Oriental corresponde a placa superior onde há evidências da colisão Arco/Continente pelo aparecimento de arcos magmáticos. Possui dois episódios

tectônicos progressivos que desenvolveram xistosidade de baixo ângulo, sobreposta por uma foliação plano-axial relacionada a dobras isoclinais.

A zona de cisalhamento no Terreno Cabo Frio é de baixo ângulo, com mergulho para SE. Em maior presença há duas unidades estratigráficas neste terreno, que são as ortognaisses paleoproterozóicas, com intrusões de anfibolitos e sucessões metasedimentares de alto grau compostas por paragnaisses pelíticos a psamíticos.

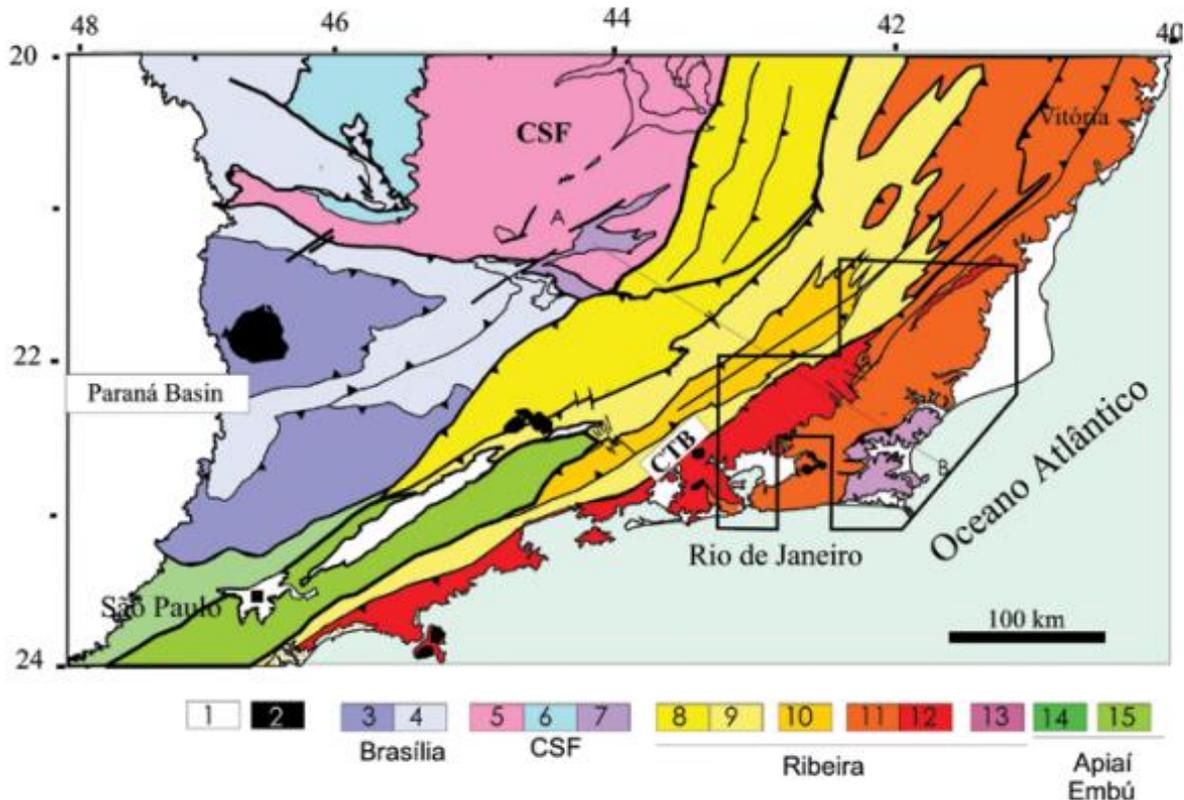


Figura 2 Mapa da compartimentação tectônica do Sudeste do Brasil. 1 – Riftes Cenozóicos; 2 – Rochas alcalinas do Cretáceo e Terciário; Orógeno Brasília (3-4); 3 – Nappes Inferiores; 4 – Nappes Superiores; 5 – Embasamento do CSF e Domínio Autóctone; 6 – Supergrupo São Francisco; 7 – Metassedimentos do Domínio Autóctone; Orógeno Ribeira (8-13); 8 – Domínio Andrelândia e 9 – Domínio Juiz de Fora do Terreno Ocidental; 10 – Klippe Paraíba do Sul; 11 – Terreno Oriental; 12 – Granitóides do Arco Magmático Rio Negro; 13 – Terreno Cabo Frio; Orógeno Apiaí/Embú (14-15); 14 – Terrenos São Roque e Açungui; 15 – Terreno Embú. Fonte: Heilbron *et al*, 2004.

O Terreno Paraíba do Sul é constituído majoritariamente por ortognaisses paleoproterozóicos de composição granítica a granodiorítica e sequência metassedimentar siliclástica composta por gnaisses bandados e xistos pelíticos. As rochas desta região apresentam xistosidade de médio ângulo de mergulho resultantes de dobras de diferentes intensidades.

O Terreno Embu é semelhante as associações litológicas do Terreno Paraíba do Sul, com ortognaisses paleoproterozóicos graníticos a tonalíticos, assim como uma sequência metassedimentar.

5 GEOMORFOLOGIA

Na região Sudeste há quatro domínios geomorfológicos, de acordo com Gatto et al (1983) em seu trabalho realizado para o projeto RADAMBRASIL: O Domínio do Escudo Exposto, Domínio das Faixas de Dobramentos Remobilizados, Domínio dos Remanescentes de Cadeias Dobradas e Domínio dos Depósitos Sedimentares.

O Domínio das Faixas de Dobramentos Remobilizados, onde a região estudada está inserida, representada por uma área que abrange da Serra do Mar até as proximidades da escarpa da Serra da Mantiqueira com forte controle estrutural evidenciado por linhas de falhas e extensas escarpas (SILVA, 2002). São classificadas cinco unidades:

1. Unidade Serra dos Órgãos: relevo composto por escarpas escalonadas e festonadas, com reverso caracterizado por lineamentos de vales estruturais e cristas serranas – a drenagem responde a estes controles – com a topografia variando entre 600 m e 2200 m, em certos pontos.

2. Alinhamento de Cristas do Paraíba do Sul: ocorre no médio trecho do rio Paraíba do Sul com feições evidenciando alto controle estrutural, ordenado em um feixe de falhas com orientação NE-SW. Relevo com colinas alinhadas e cotas topográficas de altitude que variam entre 300 e 900 m.

3. Serranias da Zona da Mata Mineira, com relevos alongados e escarpas adaptadas a falhas, sulcos estruturais, grandes linhas de cumeada e cristas simétricas alinhadas. A orientação do relevo é predominantemente NE-SW.

4. Unidade Patamares Escalonados do Sul Capixaba: relevo morfológicamente homogêneo, com formas colinosas e topos convexos. É constituída por três compartimentos morfológicos: patamar ocidental, topo do planalto e patamar oriental. Este último está inserido na área de estudo e tem as características de um bloco elevado, basculado para leste, também ocorrendo sulcos estruturais com orientação aproximada de N-S.

5. Unidade Colinas e Maciços Costeiros: topografia deprimida de altimetria inferior em comparação às outras unidades, com distribuição contínua ao longo da faixa costeira. O relevo é constituído por colinas, serras e maciços litorâneos que marcam um conjunto morfológico mais elevado.

Outros recortes com unidades morfoestruturais que caracterizam o relevo da região foram realizados de forma a entender suas diferentes gênese. A carta está

inserida no contexto do Domínio Morfoestrutural Depressões Tectônicas Mesozóicas-Cenozóicas, associada à subdivisão que engloba a Depressão Interplanáltica Pomba-Muriaé. Esta é uma área que abrange o Norte e o Noroeste Fluminense do Estado do Rio de Janeiro, altamente controlado pela dissecação das bacias dos rios Pomba e Muriaé. O relevo é ordenado com valores que oscilam entre 100m e 700m, marcado por um arcabouço tectônico com grandes lineamentos de extensão regional com direção ENE até NNE (SILVA, 2002). Os divisores das bacias são representados pelas Depressões Interplanálticas com Alinhamentos Serranos Escalonados que margeiam o sul e o norte da carta.

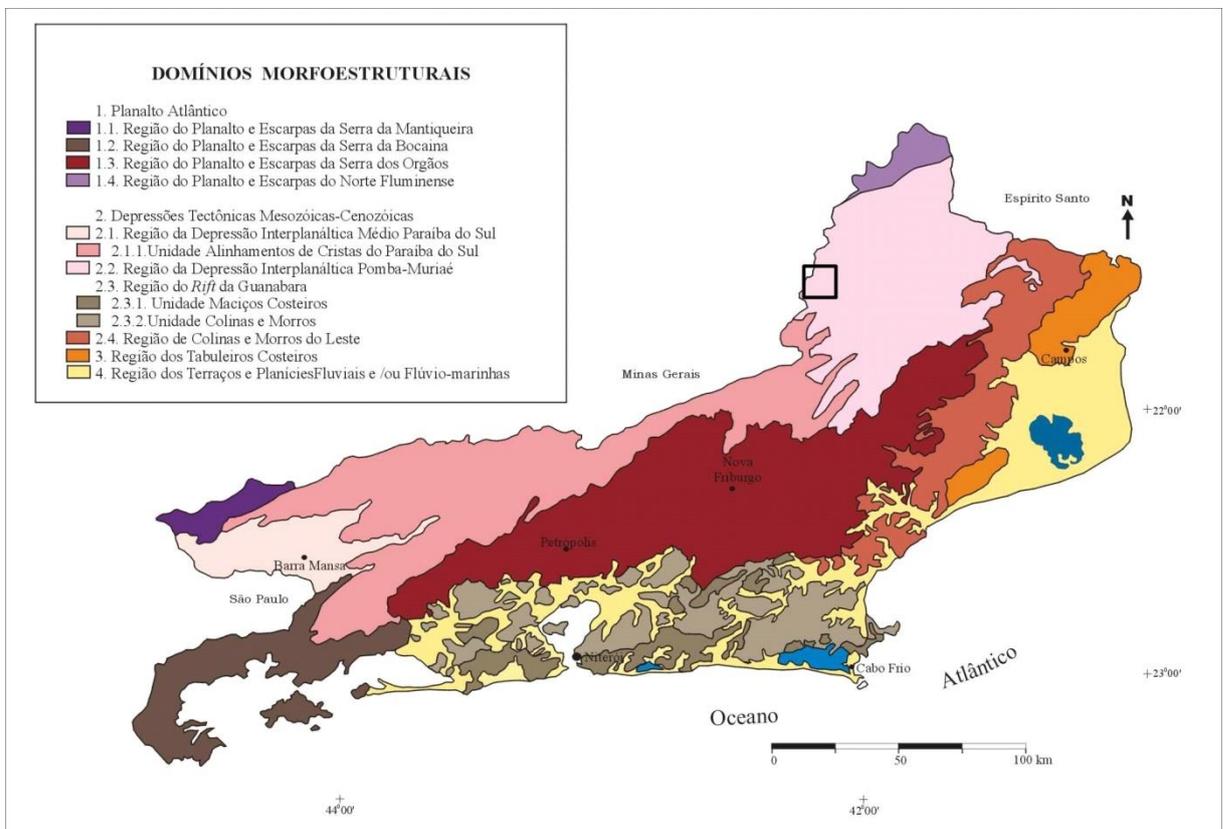


Figura 3 Domínios Morfoestruturais do Estado do Rio de Janeiro, com a indicação da área da carta topográfica de Miracema. Fonte: Modificado de Silva (2002).

6 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

6.1 Anomalias

O relevo está em constante transformação e a água é um dos agentes mais eficientes atuantes na paisagem. Dentre as informações que podem ser obtidas pela análise dos rios estão, segundo Lima (2006), indícios de movimentação tectônica, o processo de desenvolvimento do relevo, características do fundo do leito, litologia, tal como a resistência e permeabilidade da rocha, dentre outros.

Algumas características influenciam diretamente no padrão que uma rede de drenagem poderá ter. Deffontaines & Chorowicz (1991, *apud* Lima, 2006) definiram três classificações que compreendem a morfologia como um condicionante para o padrão de uma drenagem: Interno, externo e composto.

Os fatores internos estão relacionados às características litológicas que contém os parâmetros físicos: presença de porosidade, resposta a erosão, dureza; e parâmetros químicos: dissolução química, cristalização e diagênese; e estruturais: disposição das camadas espessura, direção de mergulho, discordâncias, alternância de litologias; atividade Neotectônica; tectônica: riftes, bacias, discordâncias, dobras, falhas e juntas, tal como esforços endógenos.

Os fatores externos são o clima, englobando taxas de pluviosidade e variações de temperatura que atuam pelo intemperismo químico e físico, respectivamente. Como resultado, estão também inclusos os processos erosivos e até mesmo a ação antrópica, pois o homem atua como modificador da paisagem pela engenharia civil, agricultura e por ocupações desordenadas. Por fim, os fatores compostos seriam a combinação dos internos e externos na topografia, onde há influência dos ciclos hidrológicos e variações de escala global.

Bacias hidrográficas são extensões de terra drenadas por um sistema fluvial composto por um canal principal e seus afluentes. Possui canais que, segundo Bishop (1995), possuem a tendência de seguir um curso linear pela orientação da declividade e, sabendo disso, é possível identificar anomalias por modificações abruptas no curso do rio, tal como desvios e perfis de assimetria. Portanto, pela remodelação de um curso é possível identificar novos padrões pelo seu traçado, que estará diretamente ligado às dinâmicas que atingem todo o conjunto.

As anomalias possuem um papel significativo na configuração do relevo e na distribuição da drenagem, podendo ser utilizados para a análise evolutiva da paisagem por meio de estratigrafia que permite datar a deposição e a disposição dos sedimentos, possibilitando a comparação destes em diferentes áreas e a identificação de possíveis paleodrenagens.

Uma captura ocorre quando o curso de um rio se mantém mais rebaixado que o do seu vizinho e quando este se mostra mais ativo. Isso dependerá de diversos eventos e principalmente de como o leito reage a tais mudanças. Para Bishop (1995), a declividade (inclinação) do perfil acarretará em alta ou baixa energia do fluxo de água, sendo este um importante fator responsável pela intensidade de remoção e remobilização dos sedimentos do rio, em resposta a erosão.

Os padrões de drenagem refletem sobre a morfologia local e são dependentes de fatores endógenos e exógenos, que vão interferir diretamente no encaixe que o rio terá.

Canais muito retilíneos segundo Christofolletti (1980) não são comuns de serem encontrados e sua existência está relacionada normalmente a fatores tectônicos que controlam seu curso, acompanhando o limite da falha. A concentração deste tipo de feição em uma carta pode identificar anomalias e caracterizar o comportamento litológico local. Na carta deve-se procurar por pontos assimétricos onde há a concentração de canais (afluentes) em apenas um lado da margem ou a presença de um canal mais curto, de um lado, e de um mais extenso, do outro. A mudança de intensidade de um fluxo é associada a situações de basculamento de blocos e soerguimento, resultantes de falhas. São variáveis que podem mudar o curso de um rio assim como interferir em seu estado de equilíbrio, em sua taxa de erosão, intensidade do fluxo dentre outros aspectos.

Na identificação de anomalias há outras classificações que segundo Howard (1967) são:

- Os meandros normalmente estão associados ao poder de encaixe na concavidade de um rio, que tende a ficar cada vez mais acidentada e, em muitos casos, originam canais abandonados quando atingem 360° de curvatura. Deve-se atentar a curvas abruptas em um canal retilíneo com formação de meandros localizados resultantes de uma provável mudança na dinâmica do fluxo.

- Meandros comprimidos indicam alto controle estrutural em sequencias onde ocorre uma repentina diminuição de sinuosidade. Podem ser trechos de meandros estrangulados com curvas abruptas.

- O alargamento de um rio pode estar associado a movimentos ascensionais de ordem Neotectônica ou no simples aumento erosivo. O estreitamento também ocorre a partir destes pressupostos possuindo fortes fatores estruturais e litológicos a seu favor.

- Também relacionado à tectônica as curvas anômalas podem ser reações a processos neotectônicos ou de inversão do relevo. Sua característica, além da curva acentuada, é a posição transversal ao rio podendo capturar drenagens próximas ou até mesmo abandonar um trecho por conta de seu desvio e possível bloqueio do fluxo de água.

A captura de drenagem possui a forte característica de mudança abrupta no curso do rio, podendo este processo ser resultado de fatores erosivos (THORNBURY, 1966 *apud* LIMA, 2006) em que um canal erode de forma mais incisiva; aplanamento lateral, onde a erosão lateral é predominante; e desvio subterrâneo, recorrente em ambientes com rochas solúveis, como o calcário.

Captura por transbordamento pode ocorrer após longos ou intensos períodos chuvosos, no qual o leito de um rio ao acumular sedimentos se eleva e, assim, o seu curso tende a migrar para o canal rebaixado mais próximo (Figura 4).

Processos de erosão remontante (isto é, remoção de sedimentos da parte mais alta do rio) podem ocasionar o aprofundamento de seu vale, dependendo de sua característica litológica e da resistência das rochas envolvidas. (Figura 5).

Captura por absorção se dá pela competição entre um rio e seus adjacentes, no qual um deles entalha o leito com maior facilidade, alargando vales e podendo incorporar cursos laterais. A erosão regressiva é a grande responsável por este fenômeno, pois a diferença de altitude de um rio para o outro faz com que o tributário do curso mais baixo recue sua cabeceira, capturando então o rio que estava mais elevado. Capturas subterrâneas em locais com rochas solúveis, como o calcário, quando um rio por erosão subsuperficial intercepta o rio que está no nível abaixo.

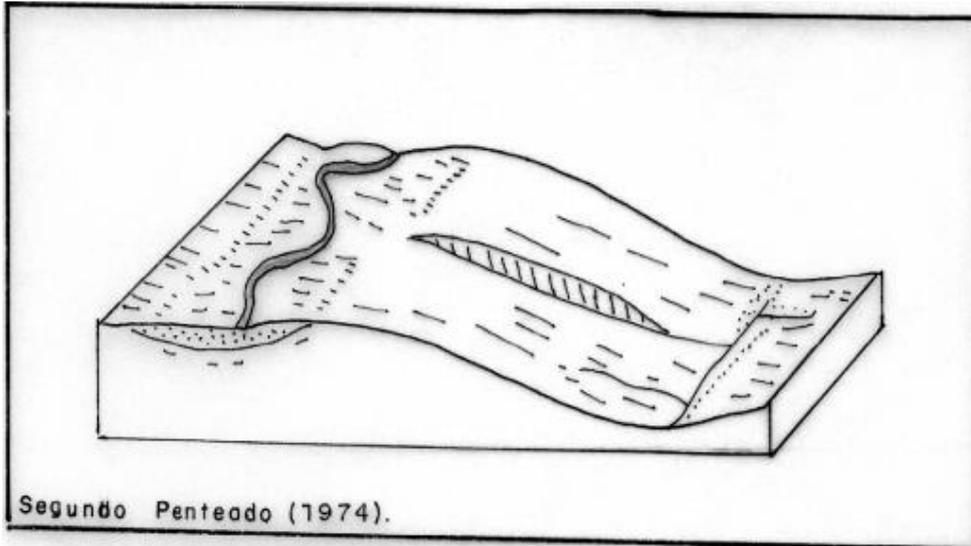


Figura 4 Captura de drenagem por transbordamento. Fonte: Penteadó, 1974.

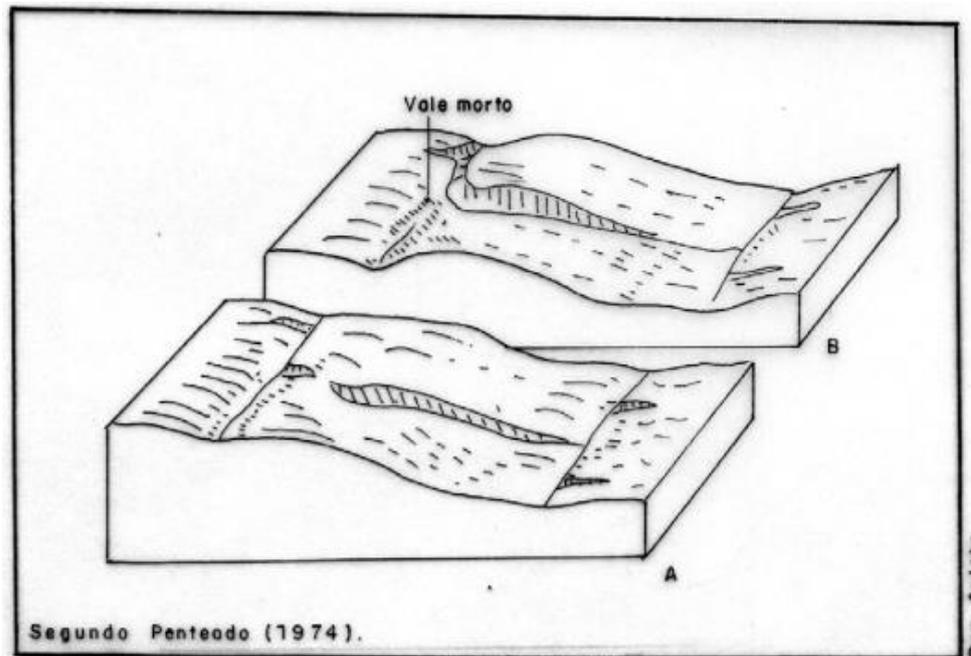


Figura 5 Captura de drenagem por recuo de cabeceira. Fonte: Penteadó, 1974.

Feições de reentrância de anfiteatros (*hollows*) usualmente indicam o início de um processo de captura de drenagem, além de apontar que a cabeceira da drenagem está próxima do divisor – possivelmente ocasionado por erosões remontantes (SILVA, 2006).

Divisores rebaixados são feições associadas a eventos Neotectônicos que geraram blocos basculados e conseqüentemente o rebaixamento do divisor entre as

bacias. Se este mecanismo permanecer ativo pode também originar uma captura fluvial (SILVA, 2006).

A captura de drenagem é a forma mais comum de rearranjo que ocorre normalmente pela captura de um rio por seu adjacente, onde este curso é capaz de desviar o fluxo. Bishop (1995) divide entre: *bottom-up*, de baixo para cima, é um processo que costuma deixar o vestígio conhecido como cotovelo – são consideradas evidências bastante comuns e conseguem capturar não só a linha de drenagem, mas toda a área de captação. Como consequência, restam na área vales secos marcados por depósitos fluviais que separam a feição do novo curso. Uma drenagem com muitos cotovelos é chamada de drenagem farpada. Ocasionalmente há a aparição de *knickpoints* indicando a mudança de altitude entre um rio e outro, que é uma das condições necessárias para a ocorrência da captação. Apesar de que, há algumas evidências de captura em altimetrias equiparadas.

Na interceptação *top-down*, de cima para baixo, o rio é forçado a ser captado por outro. Este processo envolve o rompimento do divisor pelo rio desviado, como resposta a migração do canal a eventos tectônicos ou de fluxos anormais.

O rearranjo de uma drenagem é um registro histórico da evolução do rio e de toda a paisagem que o envolve. Qualquer mudança (climática ou tectônica) pode causar interferência.

As evidências podem ser geológicas: análise de dados de materiais ou de estruturas sedimentares que estão relacionadas a paleodrenagens, que podem ser datadas por fósseis, pela sua distribuição em zonas ou por datação radiométrica de lavas; e morfológicas: de acordo com as características presentes do canal e de outros aspectos ligados a morfologia do vale.

Em termos econômicos, depósitos minerais relacionados ao rearranjo da bacia servem para esclarecer o porquê de sua ocorrência e para a interpretação sobre o local de origem de onde vieram os minerais. Os materiais não típicos de uma região, porém concentrados nela, são passíveis de questionamentos.

A distribuição da biota terrestre e aquática também pode ser afetada. A constatação está na separação física dessas populações que, ao longo do tempo, sofreram modificações genéticas e por vezes são encontradas em drenagens adjacentes.

6.2 Morfotectônica

A junção de elementos estáveis e dinâmicos está dentro dos conceitos Morfotectônicos e essas forças podem modificar e redefinir drasticamente o relevo e tudo o que ele engloba, incluindo uma rede de drenagem – esta apresenta diferentes padrões diretamente relacionados aos processos tectônicos. Portanto, é vista como uma ferramenta na identificação de movimentos crustais que causaram perturbações na superfície do relevo ou em anomalias em bacias de drenagem.

A paisagem consegue revelar os diversos processos pelo qual ela foi condicionada ao longo do tempo geológico, sendo um resultado de efeitos exógenos e endógenos. O papel da tectônica é relativo de acordo com a intensidade das tensões sofridas na crosta e com a duração do movimento. As zonas de divergências entre placas são marcadas por rifteamentos com aberturas continentais e criação de novos oceanos, deixando como registro blocos basculados em estruturas de *horst* e *graben* com uma margem soerguida e outra rebaixada.

As zonas de subducção correspondem a colisões entre placas, seja ela oceânica/continental ou continental/continental e o resultado mais significativo deste esforço é a orogênese, com deformações de ampla escala formando uma cadeia de montanhas. A presença de estruturas em dobras e falhas é comum, assim como a atividade sísmica e vulcânica.

As margens passivas e ativas do encontro das placas sofrem o rearranjo da geometria de suas fronteiras para que ocorra a acomodação dos blocos, podendo estas apresentarem ao mesmo tempo campos distensivos e compressivos. A drenagem tem o poder de adaptação a estes terrenos encaixando no novo relevo, escavando-o ou capturando ou sendo capturado por outros rios (SAADI, 1998).

A Morfotectônica expressa na paisagem formas estruturais causadas diretamente por movimentos tectônicos ativos. Segundo Cotton (1968, *apud* GONTIJO, 1999) embora o relevo seja controlado por fatores externos, causados por erosão e intemperismo, antes de mais nada ele é controlado pela tectônica responsável por sua constituição.

As falhas são fraturas ou cisalhamentos que ocorrem ao longo e uma rocha que causam o abatimento das paredes faz com que os blocos se desloquem um em relação ao outro. Estes movimentos, relativos entre si, podem ser resultantes de forças distensivas e compressivas originando, respectivamente, movimentos rúpteis

ou dúcteis. A classificação pode ser feita de forma direta, como ao observar o corte de uma estrada e afloramentos naturais expostos na superfície, ou indiretos com o auxílio de técnicas de geoprocessamento.

As feições Morfotectônicas deixam diversos vestígios na paisagem, em especial quando o relevo é ou foi condicionado a eventos tectônicos. Falhas ativas dão origem a basculamentos, abatimento por flexura, subsidência, que representa a reação da crosta a estímulos que provocam sua mudança. Falhas normais ocasionam os *rifts valleys* onde a região mais rebaixada é chamada de *graben* e o que o envolve *Horst*, degraus escalonados e facetas em formas trapezoidais e triangulares (CASTRO et al., 2004).

A importância dos estudos morfométricos está no reconhecimento e assimilação dos processos tectônicos de um local, atentando na frequência destes eventos e nas características de cursos de rios que foram remobilizados e ajustados a novos padrões. A abordagem sistêmica nos estudos Geomorfológicos é muito aceita e considera os diversos fenômenos em uma paisagem como interdependentes onde há interação e não excluindo, inclusive, fatores antrópicos.

O Brasil em termos tectônicos é considerado estável por sua passividade em relação aos movimentos distensivos responsáveis pela abertura do oceano Atlântico, com a conseqüente da formação da dorsal Meso-Oceânica, e pelas forças compressivas que atuam na cordilheira dos Andes, estando no meio de dois processos crustais. As feições Neotectônicas são mais reconhecíveis na paisagem trazendo a oportunidade de estudos Morfotectônicos sobre a origem e evolução de um dado local (BRICALLI, 2016). Estes processos são considerados de ordem recente no tempo geológico com ocorrência classificada entre os períodos Neógeno e o Quaternário, pertencentes à era Cenozóica.

6.3 Neotectônica

A Neotectônica é considerada qualquer movimentação que tenha causado deformidade no substrato rochoso que ocorreu ou está ocorrendo, não possuindo um período estrito de atuação, porém tendo como consenso entre os pesquisadores que a Neotectônica está inserida na paisagem atual englobando também os movimentos instantâneos, tal como os eventos sísmicos. Hancock e Williams (1986) consideram inútil a tentativa de datar o início das atividades, estabelecida pela maioria entre o Neógeno e o Quaternário. Para Hancock, era mais simples relaciona-las a relativa estabilidade alcançada pelos movimentos das placas, onde os limites encontram-se bem definidos. Há outros autores que preferem considerar os eventos de compressão de grandes proporções, como os orogênicos, como movimentos tectônicos recentes.

No geral, os autores aceitam a ideia de que a Neotectônica é todo movimento gerado no início do Neógeno, há 20 milhões de anos, sendo uma discussão totalmente relativa, pois em todo o mundo estes eventos ocorreram em idades diferentes devendo levar em consideração características da litosfera local e sua posição em relação à borda da placa na qual se está inserida (SALAMUNI, 1998).

A Neotectônica é um campo interdisciplinar com outras esferas das Geociências fazendo o uso, inclusive, de seus métodos. Os principais métodos utilizados para a identificação de feições Neotectônicas são (PANIZZA et al., 1987):

- Sismologia, atentando às tensões aplicadas atualmente nas áreas favoráveis a terremotos;
- Sensoriamento remoto para a delimitação de alinhamentos de relevo, mapeamento de falhas e análise de redes de drenagens;
- Mapeamento Morfotectônico no reconhecimento de geoformas como indicadores de movimentos recentes, analisando também a geologia e a geomorfologia de terrenos atuais;
- Determinação dos campos de tensões;
- Estudos geocronológicos e evidências arqueológicas.

Stewart e Hancock (1994, *apud* SALAMUNI, 1998) definiram que falhas e juntas rúpteis são as estruturas mais geradas pela deformação Neotectônica, seguidas por suaves dobramentos, basculamentos e amplos arqueamentos – mais facilmente detectados na morfologia de um rio.

As falhas podem apresentar as seguintes características: uma segmentação geométrica homogênea; feições contrastantes devido ao acúmulo de diferentes movimentos ao longo da história. Para melhor exemplificar esta intercalação, estrias de atrito indicariam possíveis episódios contemporâneos de sismos, ao passo que degraus assimétricos no plano de falha estariam relacionados a um período de movimentos contínuos; e a análise morfológica de escarpas revela fortes evidências de falhamentos ativos.

As juntas causadas pelo neotectonismo representam um grupo único de fraturas de extensão, verticais ou oblíquas que contém informações sobre a orientação do esforço sofrido em regiões amplamente deformadas.

Segundo McCalpin (2013), os movimentos Neotectônicos podem ser dispostos de forma qualitativa e quantitativa. O modelo qualitativo busca por definir a orientação do campo de tensões máximas e mínimas sofridos pela deformação.

Essa análise pode se basear em dados geológicos presentes e perpetuados na paisagem como a orientação e o sentido de escorrergamento de uma falha. Regimes de tensão neotectônicos também podem ser demonstrados pela orientação de juntas. Para este método é importante que sejam focalizados apenas as juntas ou falhas recentes, deixando de lado as que foram formadas por tensões passadas.

Os modelos quantitativos se baseiam em simulações de movimentações de placas ou de microplacas, que tentam reproduzir processos de erosões e de isostasia a medida que o efeito isostático tem a capacidade de interferir no campo de tensão em evolução e influir, desta forma, no controle das taxas de deformação. O movimento de placas é observado e mensurado por levantamentos de GPS.

As deformações Neotectônicas podem ser de caráter sismogênico ou não sismogênico. Os terremotos promovem efeito imediato e, em muitos casos, destruição e efetivo perigo, porém esta não é a única maneira de se causar a modificação crustal. Há casos de falhas que produzem deformação, mas que não geram terremotos – como as falhas por dobramento, deslizamento por gravidade, falha glácio-isostática, falhas relacionadas a diques e etc – não representando grandes perigos a sociedade. Esta diferenciação é, entretanto, muito difícil de se

distinguir na paisagem, pois se manifestam de forma similar. No Sudeste são reconhecidas zonas sismogênicas, considerando que a atividade sísmica ocorre em áreas com suturas e lineamentos antigos.

6.4. Neotectônica no Sudeste do Brasil

Segundo Saadi (1993), a Plataforma Brasileira foi marcada pela reativação de linhas de falha e pontos de fraqueza crustais preexistentes por eventos tectônicos que foram capazes de gerar novas estruturas - estas agora divididas em compartimentações Neotectônicas, talvez representadas por micro-placas. A Descontinuidade Crustal representa o limite da zona de reativação ao longo do continente, sendo responsável pela organização da rede hidrográfica moderna e gerou as bases de toda uma evolução geomorfológica.

As movimentações de antigas estruturas causam impacto direto no relevo e em bacias de drenagem, sendo esta última a mais sensível a mudanças litológicas e tectônicas. Almeida (1967) se refere à reativação Wealdeniana ocorrida no final do Jurássico como o mais recente evento que acarretou em uma série de movimentos ao longo de falhas em nossa plataforma que há muito tempo era considerada estável, sendo que os efeitos e transformações mais significativas ocorreram em áreas próximas ao mar (NEVES, 1992).

Alguns estudos sobre a Neotectônica no Brasil foram capazes de reunir os seguintes apontamentos:

- a) Como discutido, os lineamentos Pré-Cambrianos atualmente dispostos sobre o território brasileiro em blocos teriam relação com movimentações tectônicas recentes. As grandes descontinuidades crustais possuem orientação NW e NE.
- b) Os eventos sísmicos modernos comprovariam a preferência destas orientações, em que esforços compressivos atuam no sentido NW e os esforços distensivos NE.
- c) Os movimentos Neotectônicos brasileiros estariam ligados a ações e reações que ocorrem na cadeia andina.

A partir da década de 1960 os estudos sobre a formação continental brasileira se intensificaram onde foram reunidos dados estruturais, estatigráficos e geológicos. Tornou-se reconhecível a formação dos Rifts Cenozóicos, caracterizada pela ruptura da crosta continental e consequente abertura do oceano Atlântico, em que bacias alongadas e profundas foram formadas. Isto se deu por um episódio tectono-térmico iniciado no Permiano/Triásico que resultou em soerguimento crustal. As porções continentais e as oceânicas se encontravam com anomalias gravimétricas (desequilíbrio isostático) causadas por processos erosivos e de sedimentação, com um lado apresentando o afinamento da crosta e o outro o acúmulo de sedimentos.

A tectônica Cenozoica no Sudeste do Brasil é considerada a grande responsável pelo sistema de rifts que caracteriza a compartimentação geomorfológica da faixa atlântica desta região (SAADI, 1990).

Na busca pelo equilíbrio e ajuste isostático a litosfera reflete uma série de movimentos verticais intercalados de soerguimento e de subsidência. No Terciário as áreas de fraquezas preexistentes foram reativadas formando longas zonas de falhamentos (ASMUS; FERRARI, 1978).

Os rifts por definição representam corredores ou fraturas de vales moldados por atividades tectônicas ao longo de falhas normais planares e rotacionais. Nas falhas (dentro dos grábens) normalmente há o acúmulo de sedimentos, em sua maioria detríticos de origem fluvial, formando bacias.

O sistema de rifts foi ocasionado por eventos termomecânicos da bacia de Santos por esforços distensionais de orientação NNW-SSE que provocaram a reativação de antigas zonas de cisalhamento, com a consequente formação de hemi-grabens, de falhas lítricas - falha caracterizada por superfície curva com variações de mergulho – e de uma depressão contínua. Estes eventos de ampla escala tectônica foram divididos e datados em outros processos por Riccomini (1989):

- A primeira fase de formação do RCSB está ligada aos esforços distensivos de NNW-SSW sofridos no Eoceno-Oligoceno, que teria provocado a reativação de antigas zonas de cisalhamento que, como consequência, gerou uma depressão. Durante este período se iniciou também a deposição do Grupo Taubaté, englobado pelas bacias de São Paulo, Taubaté, Volta Redonda e Resende que possuem a mesma origem.

- O evento seguinte, no Neógeno, é caracterizado por uma Transcorrência Sinistral de orientação E-W, com compressão NE-SW e distensão NW-SE. Possui em maior escala falhas normais NE-SW e normais dextrais NNE-SSW. É também possivelmente a primeira fase de deformação neotectônica no Sudeste.

- A terceira fase tectônica corresponde a uma Transcorrência Dextral E-W, com estruturas mais recentes do que as de transcorrência sinistral da segunda fase, seguida por falhas normais NW-SE e normais dextrais NE-SW e NW-SE, assim como falhas normais NNW-SSE e WNW-ESSE, e normais dextrais E-W, ENE-WSW e WNW-ESSE. É datada do Pleistoceno e corresponde as elevações estruturais encontradas em Caçapava e Resende, e à soleira de Floriano-Barra Mansa.

- A quarta fase é de caráter distensivo gerando esforços de orientação NW-SE, com falhas normais NE-SW, do Holoceno. É o evento mais recente e interferiu em embasamentos alterados e em sedimentos alúvio-coluviais.

A evolução do Rift Continental do Sudeste do Brasil evidenciou que a possível ressurgência de estruturas pré-existentes pudesse estar relacionada aos sistemas que foram reativados. A movimentação da placa teria aproveitado zonas de cisalhamento e suturas antigas, com o aparecimento predominante de falhas do tipo transcorrentes. Há também a incidência de falhas normais, dado o ângulo entre as feições reativadas e as tensões no plano.

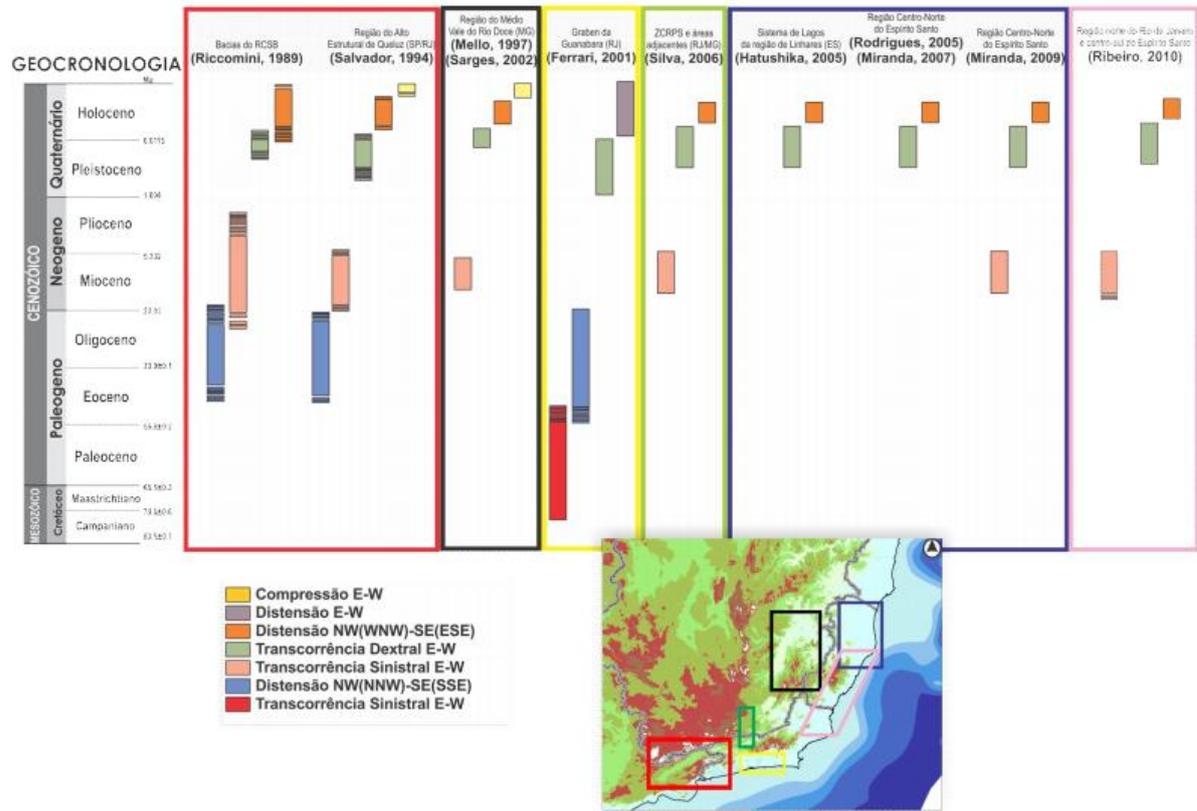


Figura 6 Fases tectônicas durante o Cenozóico no Sudeste brasileiro de acordo com diferentes autores. Fonte: Baiense (2011 *apud* RIBEIRO, 2010).

7 METODOLOGIA

A abordagem inicial se deu pela extração das drenagens da carta de Miracema, na escala 1:50.000, cujos modelos digitais foram adquiridos no banco de dados do TOPODATA, seguido pela identificação de anomalias com base nas feições estruturais identificadas.

O propósito foi localizar indícios de capturas e divisores de drenagens, presença de canais abandonados ou pontos afogados. O mapeamento morfológico e da rede de drenagem pela carta serviram para identificação das anomalias, a orientação preferencial dos novos cursos capturados e as falhas que controlam as estruturas. Continuamente, foram estabelecidos pontos específicos de coordenadas geográficas para a verificação de um pequeno grupo de anomalias mapeadas e da análise do relevo local em campo. Desta forma, uniu-se o conhecimento adquirido em gabinete com o trabalho externo.

Foram averiguadas as anomalias por indícios de movimentação recente do substrato rochoso, que pode indicar fraturas e basculamentos que são capazes de redefinir uma rede de drenagem. O levantamento geomorfológico auxiliou na compreensão morfoestrutural que condiciona os processos na região - áreas propensas à movimentação tectônica e áreas que hoje sofrem processos mais estáveis de erosão e sedimentação.

A era Cenozoica é marcada por diversas deformações rúpteis representadas por juntas e falhas, cujas feições podem ajudar a entender os processos ocorridos no arcabouço geológico de uma paisagem, servindo de base para a identificação de eventos Neotectônicos (BRICALLI, 2016). A orientação das falhas normalmente é correlata com as formas Morfotectônicas, sendo este um forte indicador de processos ocorridos entre o Neógeno e o Quaternário.

A análise Morfotectônica teve como objetivo o diagnóstico de unidades estruturais afetadas por tensões com a geração de falhas impulsionados por movimentos Neotectônicos. Investigou-se sinais de estrias, deslocamentos e arrastos – são elementos que devem ser estudados de forma conjunta e podem oferecer importantes informações sobre a evolução do terreno e das anomalias.

Por fim, ida ao campo no dia 27/11/2018 para a verificação das hipóteses definidas e para reconhecimento de novas feições, caso fossem encontradas. Assim, com o auxílio do *Google Earth*, que providenciou imagens detalhadas das

anomalias mapeadas, montou-se um roteiro para a observação de uma série de anomalias com fácil acesso por rodovias ou estradas de terra.

8 RESULTADOS

8.1. Anomalias de Drenagem

Bishop (1995) classificou três processos para a identificação de anomalias: captura de drenagem *sensu strictu*, que representa a captura de um rio por um de menor elevação, cuja taxa erosiva é predominantemente alta. O desvio (*river diversion*), que indica a mudança do curso do rio para outra bacia por migração de canal, por eventos tectônicos ou catastróficos. Decaptação (*beheading*) refere-se à apropriação da área de drenagem por outro rio, o reorganizando pela mudança no curso. No local da captura, onde há a súbita mudança do curso, são encontradas feições chamadas de cotovelo e na área abandonada o que resta são vales secos e/ou níveis de base locais (CASTRO, 2004).

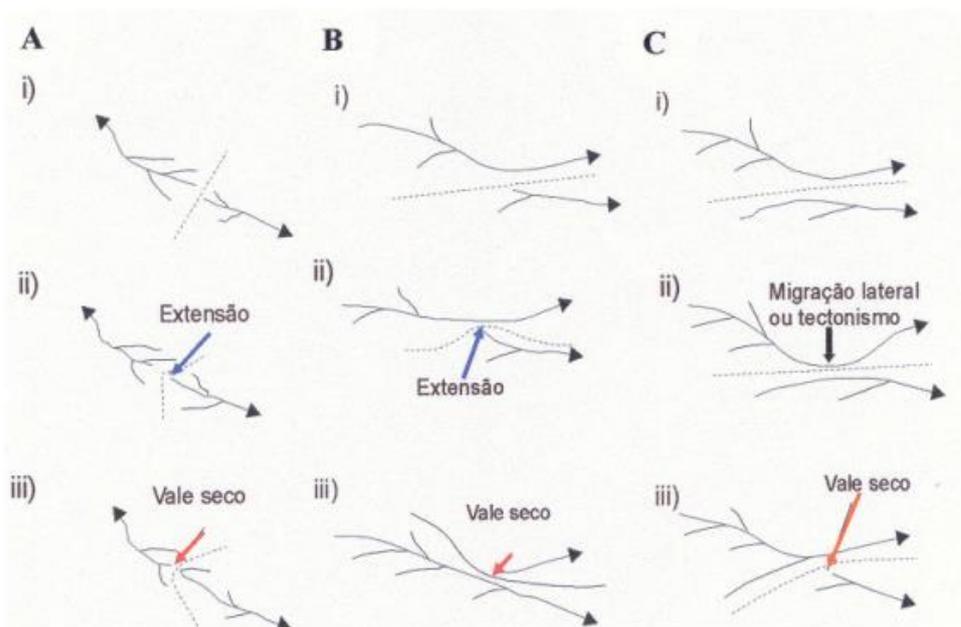


Figura 7 Formas de rearranjo da drenagem após processos de capturas. (A) capturas por extensão da cabeceira; (B) e (C) capturas por migração lateral de uma bacia adjacente, ou através de extensão de cabeceira de um tributário (B) ou migração lateral de um rio para captura de tributário adjacente (C). Fonte: Modificado de Bishop (1995).

A partir do mapeamento da carta topográfica foram classificados três tipos de anomalias por captura de drenagem, associados a divisores planos: canais colineares; canais não colineares; e canais com presença de cotovelos.

Canais colineares são representados por drenagens com divisores planares, onde o rearranjo fez com que o fluxo dos rios seguisse a mesma direção, porém em

sentidos opostos. O controle tectônico é o indicativo mais forte para uma possível elevação do terreno separando as duas drenagens, mas o fator climático também pode acarretar em vales secos. O mapeamento de todas as anomalias do tipo está representado na Figura 8. Em campo comprovamos a ocorrência de uma delas (Figura 9) e, para uma melhor exemplificação, a Figura 10 está a representando por imagem de satélite e a Figura 11 indicando sua posição dentro da carta.

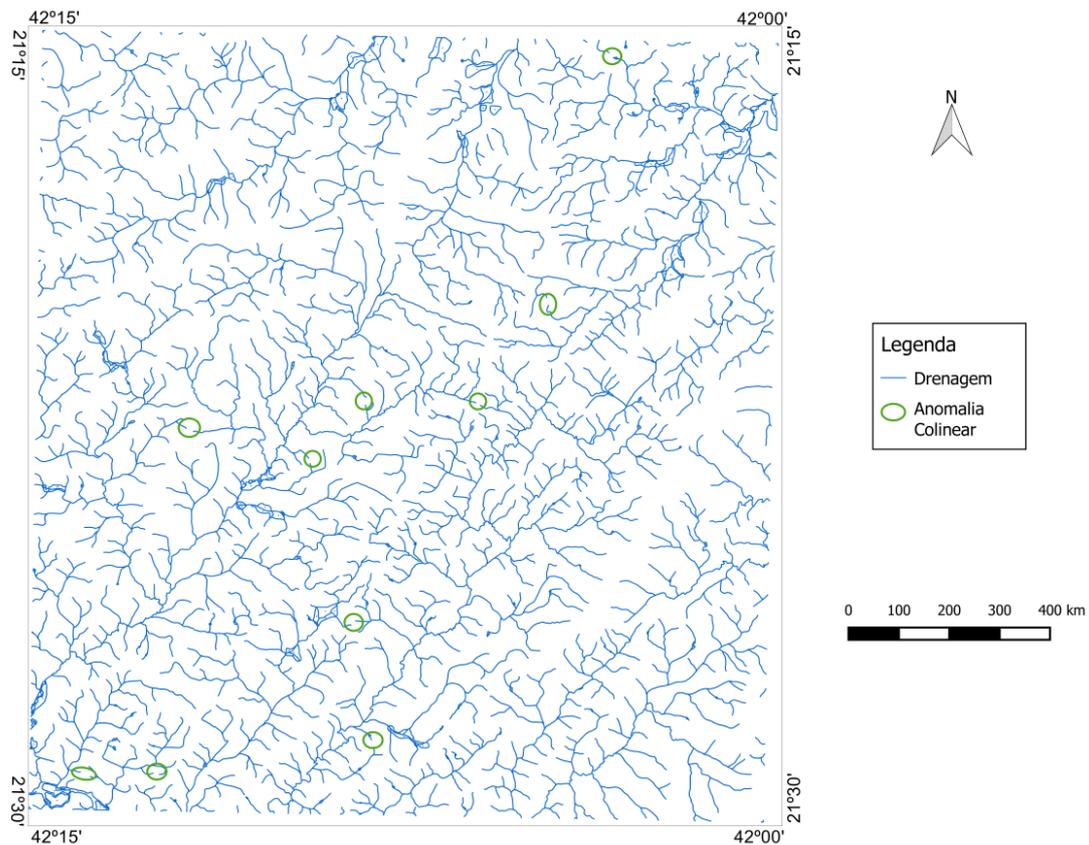


Figura 8 Mapeamento de anomalias colineares na carta de Miracema 1:50.000. Fonte: Elaborado pelo autor. Confeccionado no programa Qgis.



Figura 9 Anomalia colinear com presença de vale abandonado. Fonte: Arquivo do autor.

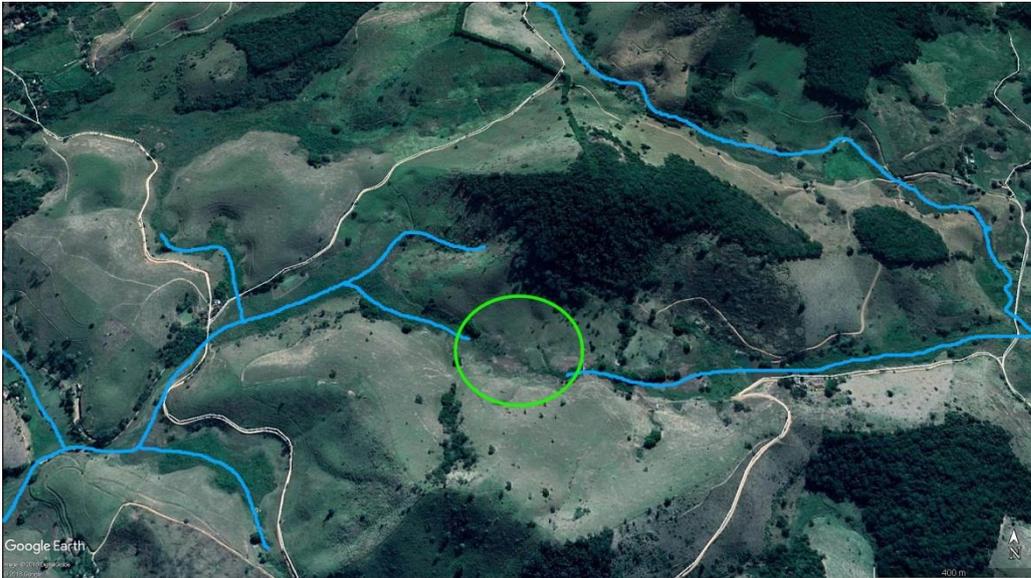


Figura 10 A Anomalia selecionada vista por imagem de satélite. Fonte: Modificada do *Google Earth*.

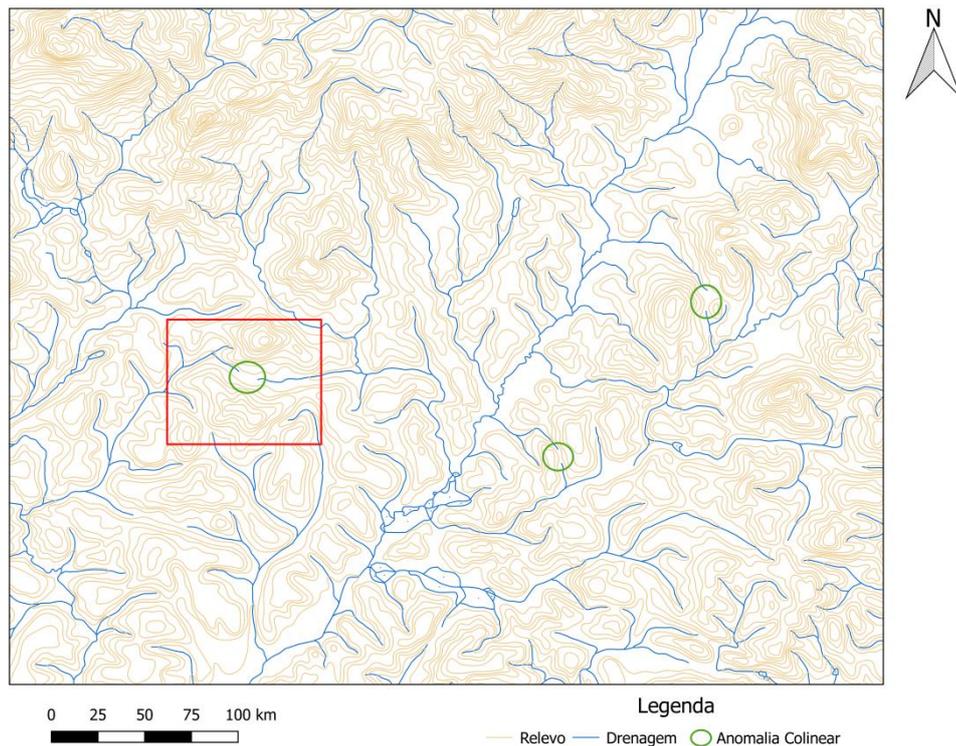


Figura 11 Anomalia colinear em destaque com presença de vale seco em destaque. Não foi possível a determinação de fluxo novo e fluxo antigo, pois os dados envolvendo a drenagem neste caso se mostraram insuficientes para realizar tal atividade. Fonte: Elaborado pelo autor. Confeccionado no programa *Qgis*.

Drenagens não colineares apresentam vales secos e os segmentos não estão na mesma linha. Um dos caminhos do rio é abandonado pela erosão preferencial. Na Figura 12 encontram-se todas as anomalias mapeadas desta categoria e em campo não foi possível realizar uma verificação mais pontual.

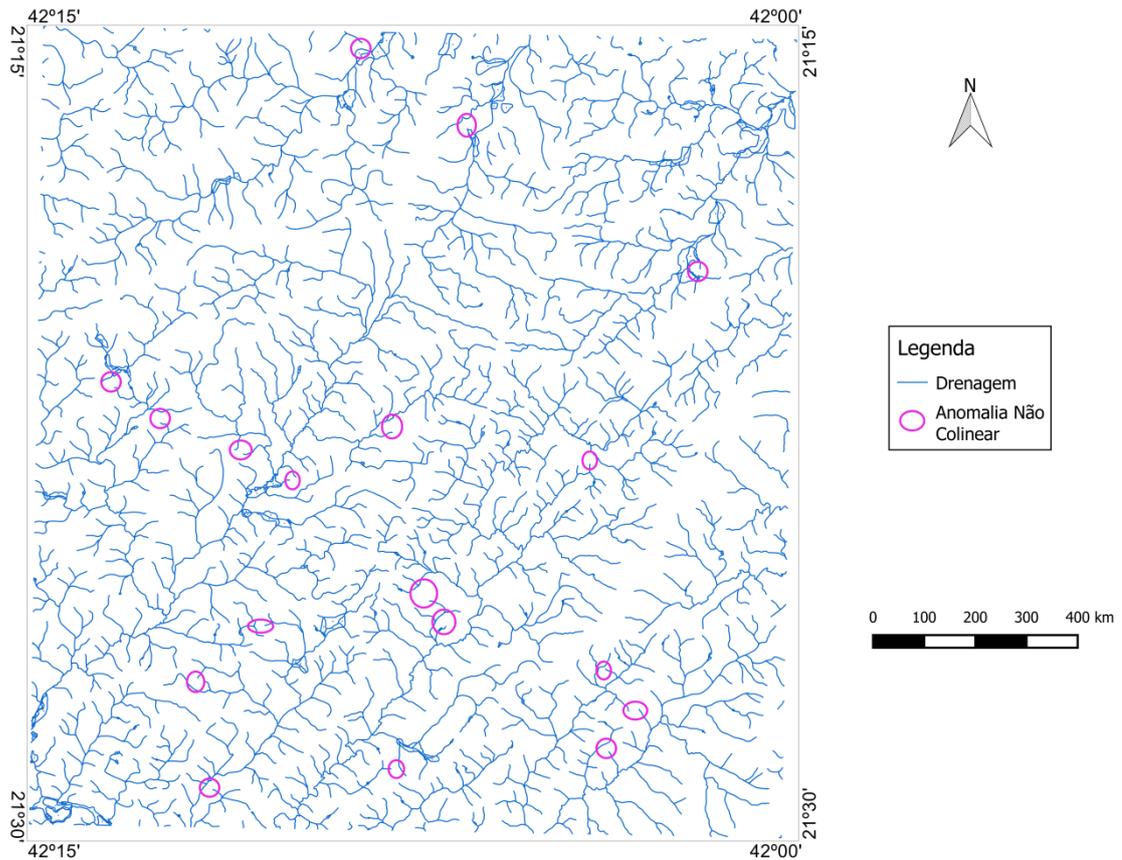


Figura 12 Mapeamento de anomalias não colinearesna carta 1:50.000. Fonte: Elaborado pelo autor. Confeccionado no programa Qgis.

Os cotovelos estão associados ao tectonismo regional e a resistência da rocha, onde a direção da drenagem tem seu eixo modificado e há o surgimento de vales secos ou de *knickpoints* que evidenciam o controle e a influência da altimetria para a ocorrência da captura. A Figura 13 reúne as anomalias mapeadas desta categoria.

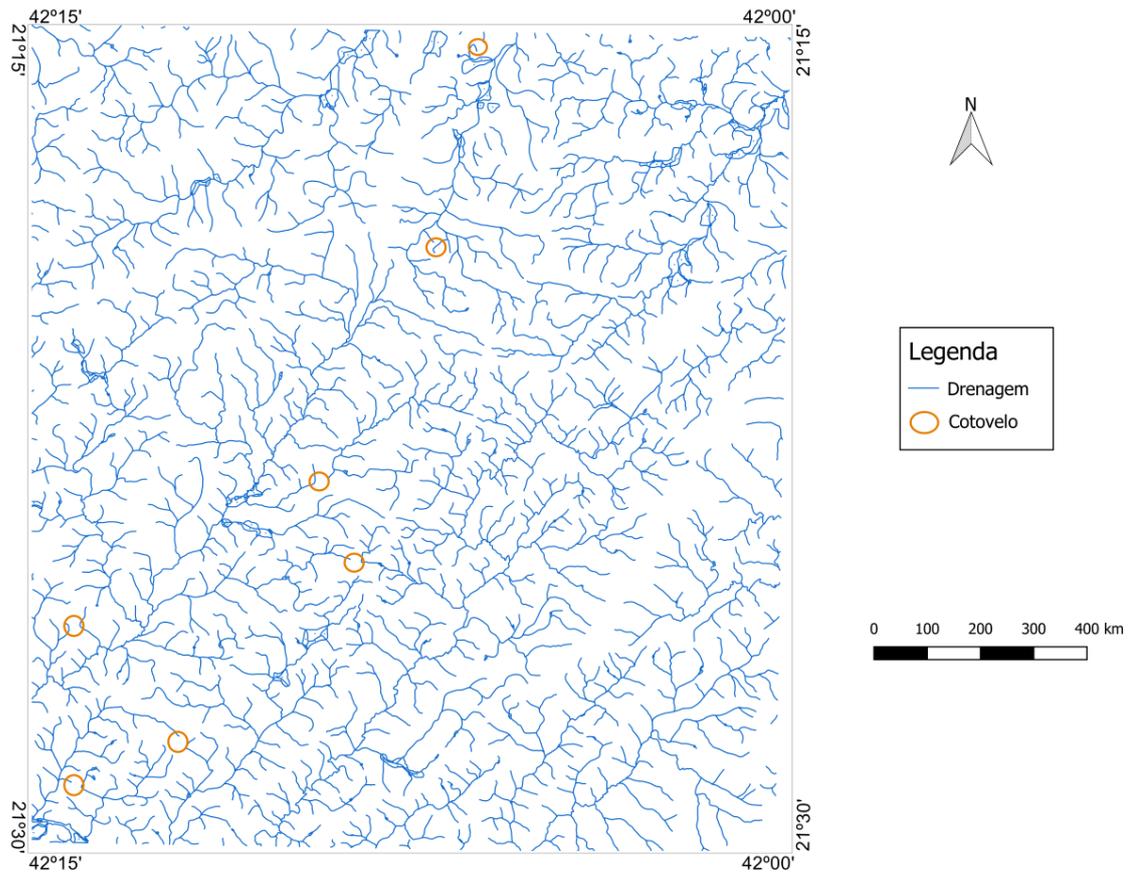


Figura 13 Mapeamento de capturas por cotovelo na carta 1:50.000. Fonte: Elaborado pelo autor. Confeccionado no programa *Qgis*.



Figura 14 Captura por cotovelo com presença de vale seco visitada em campo. Sua ocorrência está relacionada à possível evento de falha e erosão remontante. Fonte: Arquivo do autor.



Figura 15 Facetas trapezoidais no mesmo segmento da drenagem com cotovelo. Fonte: Arquivo do autor.



Figura 16 Verificação por imagem de satélite da captura com cotovelo encontrada em campo. Fonte: Modificado do *Google Earth*.

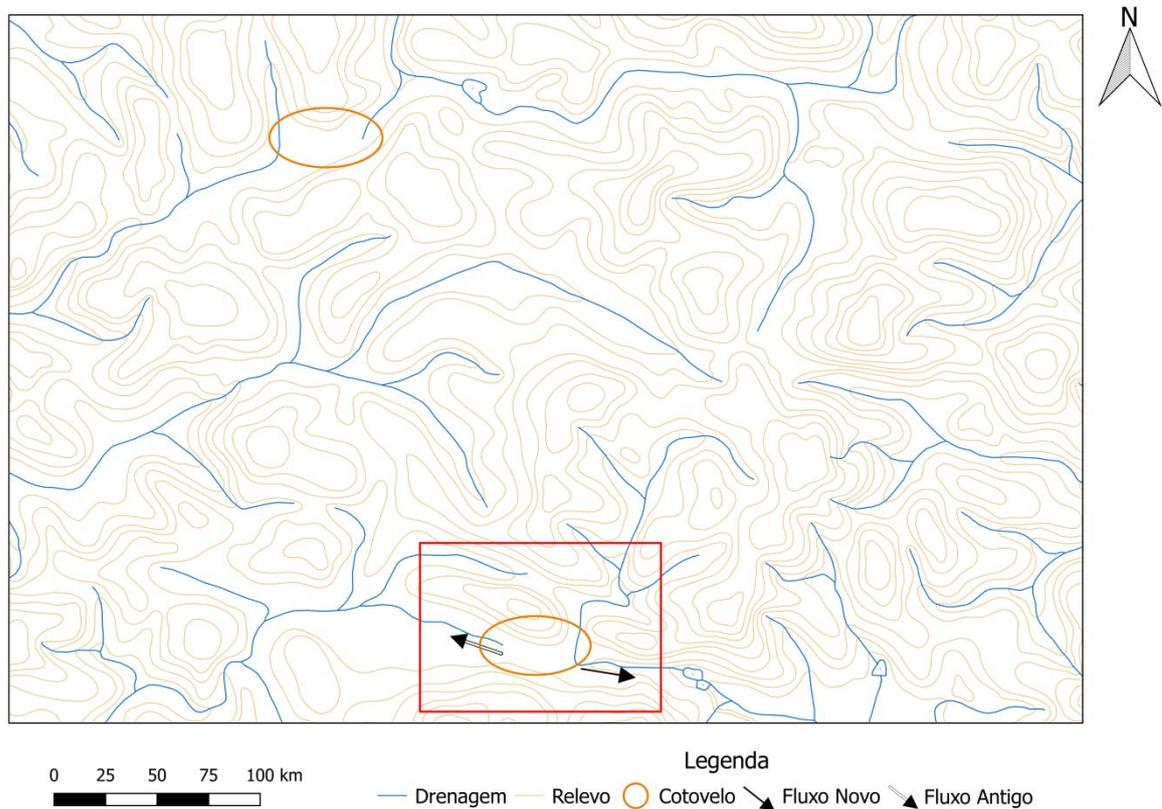


Figura 17 A mesma feição em destaque na carta, com orientação de fluxo novo e fluxo antigo. Fonte: Elaborado pelo autor. Confeccionado no programa Qgis.

O canal que antes drenava o rio foi abandonado após possível evento de falha e, com isso, houve o surgimento de um divisor plano (Figura 16). O nível freático é rebaixado pelo bloco basculado e há aumento de erosão na encosta recém-formada. O trecho do rio que ali já corria começa a receber mais água e a erosão remontante consegue, em certo ponto, romper com o divisor de drenagem, formando facetas trapezoidais. O rio a montante é finalmente capturado e o seu curso é desviado, seguindo a linha da encosta. O novo divisor de drenagem se torna um vale seco.

Tabela I Classificação de três tipos de anomalias e quantificações

TIPOS DE ANOMALIAS	QUANTIDADES
Colinear	10
Não Colinear	18
Cotovelo	7

8.2. Falhas de regime Neotectônico

MIRA 02

Baiense (2011) apresentou o mapeamento de dois afloramentos com a presença de falhas na rodovia RJ-200 que liga Miracema/RJ a Palma/MG. O primeiro deles, denominado MIRA 02 (UTM: 7631098/ 790416), possui falhas relacionadas a eventos do Mioceno ou do Plioceno, com evidentes processos de encostas e depósitos coluviais. Existem dados com a identificação de duas falhas normais de direção NW-SE, associadas a um regime Transcorrente Dextral E-W.



Figura 18 MIRA 02 com plano de falha encoberto por vegetação. Fonte: Arquivo do autor.

MIRA 04

O segundo afloramento, MIRA 04 (UTM: 7632537/ 786505), está localizado na mesma rodovia e há a ocorrência de falhas normais dextrais e dextrais normais NW-SE, falha normal NW-SE e falhas normais sinistras NNW-SSE.

Em campo foi possível à medição de três falhas neste ponto: a primeira apresentou estrutura ortogonal (245/46); a segunda (259/22) e a terceira (207/68) são falhas normais, sendo todas do mesmo regime de Transcorrência Dextral E-W.



Figura 19 Fotomosaico interpretado do ponto MIRA 04, apontando gnaisses muito intemperizados (SS); linha cascalhos; delimitação dos planos de falha e a sua movimentação. Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 20 Orientação de estria levemente transcorrente medida em MIRA 04. Fonte: Arquivo do autor.

MIRA 05

Este afloramento (UTM: 7631783/ 788290) apresenta cascalhos e sedimentos fluviais depositados durante o Pleistoceno, sendo então de idade mais nova que MIRA 02 e MIRA 04. Falhas neste ponto não foram possíveis de serem medidas.



Figura 21 Linha de cascalhos que seguem o falhamento, com cobertura sedimentar do Pleistoceno. Fonte: Arquivo do autor.

8.3. Discussões

Pelo mapeamento da direção dos fluxos antigos e novos de cada anomalia foi possível constatar se na área havia evidências de falhas. Drenagens seguindo uma mesma direção, assim como a sua disposição espacial, indicam o controle estrutural. Algumas anomalias, e seus fluxos, não foram possíveis de serem mapeados na carta pela inconsistência de dados, tornando necessária a ida a campo para investigação.

Em uma captura fluvial a água é o principal agente erosivo, potencializado em relevos acidentados, controlando a magnitude dos eventos atuantes no substrato rochoso. As linhas de drenagem normalmente permanecem preservadas na paisagem e o traçado promove a identificação de como era o seu percurso antes e depois.

A direção dos fluxos segue uma tendência de orientação NW-SE e NE-SW, que pode revelar a presença de esforços rúpteis de ordem Neotectônica. É um regime associado a falhas normais transcorrentes, sendo este um sistema caracterizado por inflexões de drenagem que comumente se dividem em orientações para NW e SE (OLIVEIRA, 2010). No geral, os novos fluxos apresentam

orientações variadas ao longo da carta, sendo que a sudoeste eles são controlados para SE, em sua maioria. Na parte central e norte não há sentidos preferenciais, mas uma intercalação de fluxos seguindo para NE, NW e SW.

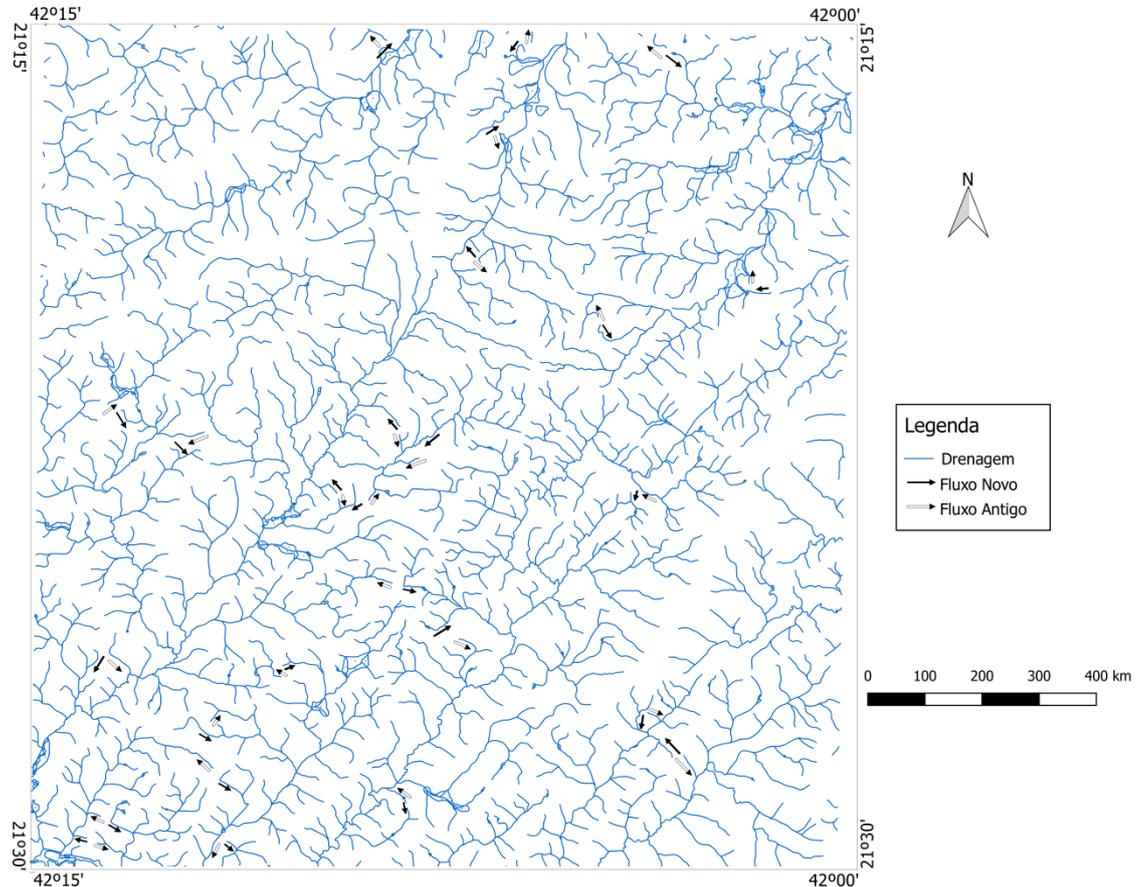


Figura 22 Mapeamento de fluxos novos e antigos das três categorias de anomalias. Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a compreensão da origem das anomalias fez-se necessária a identificação dos planos de falha que geraram tais desvios de curso e sua contabilização – isto é, se há orientações preferenciais (Tabela 2). As não identificadas são relativas a pontos com complexos ou indefinidas informações topográficas, representadas pelas curvas de nível, que muitas vezes torna árdua a diferenciação dos fluxos apenas pelo mapeamento da carta.

Tabela II Direção das falhas e suas quantificações

DIREÇÃO	QUANTIDADES
NW-SE	7
NE-SW	9
NNE-SSW	4
NNW-SSE	4
ENE-WSW	1
N-S	3
W-E	2

Constatou-se que a há uma relação direta entre as falhas e a configuração da rede de drenagem. Canais com orientação para NW estão associados às reativações tectônicas de estruturas antigas sofridas no Cenozóico.

Em maior expressividade estão as anomalias que se estabeleceram de forma ortogonal as falhas de orientação NE-SW, referentes à última fase de regime distensivo citada por Riccomini (1989) na deformação do RCSB.

As três falhas medidas em campo apresentaram os regimes de Transcorrência Dextral E-W que correspondem à terceira fase de deformação tectônica descrita por Riccomini (1989) para o RCSB, de idade pleistocênica. Após a fase sinistral, considerada a primeira, houve um período de relativa calma onde houve a sedimentação do sistema fluvial e de depósitos colúvio-aluviais. Com a Transcorrência Dextral estes depósitos foram deformados, deixando marcas no relevo tal como estrias (Figura 20).

A carta topográfica em análise possui dados bastante desatualizados, datada de 1991, o que influenciou na elaboração dos resultados. Muitos canais encontram-se, atualmente, secos ou intermitentes e estas condições foram observadas pelo *Google Earth*, que apresenta dados de 2018. Uma característica marcante é o rastro deixado pela linha da água, que é representado por uma vegetação mais densa, de coloração verde escuro, estabelecida entre as áreas mais rebaixadas do relevo, como entre vales.

Partindo do pressuposto de que todo esforço tectônico deixa um registro as falhas geradas sob um mesmo evento, em locais com fraturas pré-existentes, produzem estrias de atrito que possibilitam a análise em escala local (RICCOMINI, 1989). Desta forma, é viável não apenas identificação da presença de movimentos tectônicos, mas também a orientação dos planos de falha.

9 CONCLUSÃO

As anomalias mapeadas estão dentro de uma área que comprovadamente possui falhas e campos de tensão, mas identificar movimentações tectônicas por vezes é baseado em proposições e indicativos, como a busca por áreas rebaixadas e soerguidas. Reações ao intemperismo e cobertura vegetal que recobrem a rocha também não facilitam a identificação.

O tectonismo mostrou ser a força mais atuante, sabendo que a litologia também está presente, com menor intensidade, devido aos diferentes embasamentos que compõem a região (em sua maioria gnaisses muito resistentes). Igualmente importante, não é possível ignorar os fatores exógenos que de forma constante atuam na paisagem, também capazes de interferir na configuração de uma drenagem.

A presença de facetas trapezoidais e triangulares confirma o controle gerado por falhas normais que tipicamente produzem estas feições no relevo e que são indicativos de movimentos recentes. Segundo Gontijo (1999), dentro deste processo tectônico as escarpas são produzidas por pequenos deslocamentos verticais ou pela topografia do relevo, que geram escarpas de falhas paralelas. As facetas sofrem intenso processo erosivo, gerando drenagens encaixadas nas escarpas, e são separadas por pequenos vales.

As falhas analisadas indicam idades de deformação diferentes, que foram responsáveis por gerar orientações de fluxos de anomalias específicos. Os regimes de Transcorrência Dextral estão associados às falhas e as anomalias – este último também possui evidência de eventos Distensivos geraram falhas que remodelaram a paisagem na região, com a predominância de estruturas de direção NW-SE e NE-SW e anomalias que seguem um sentido ortogonal com fluxos preferenciais para NW e NE.

Por fim, os efeitos do tectonismo intraplaca refletem nas dinâmicas fluviais de forma significativa e evidente. A rede de drenagem é sensível a perturbações tectônicas e ao adaptar-se a diferentes condições deixa vestígios que são de grande importância para a compreensão da influência Neotectônica no Cenozóico. Na paisagem além do registro de falhas há também depósitos sedimentares advindos desta era geológica, reforçando então que há interferências crustais ainda ativas atuando na região.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.F.M. 1967. Origem e evolução da plataforma brasileira. Rio de Janeiro, DNPM-DGM, Boletim, 241, 36p.
- ASMUS, H. E. & FERRARI, A. L. 1978. Hipótese sobre a causa do tectonismo cenozóico na Região Sudeste do Brasil. In: Aspectos Estruturais da Margem Continental Leste e Sudeste do Brasil, Rio de Janeiro, CENPES/DINTEP, p. 75-88. (Série Proj. REMAC 4).
- BAIENSE, M. C. 2011. Condicionantes geológicas da configuração do relevo na Depressão dos rios Pomba e Muriaé (RJ/MG). Rio de Janeiro, 74 p. (Trabalho Final de Curso (Geologia)) - Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- BISHOP, P. 1995. Drainage Rearrangement by River Capture, Beheadind and Diversion. In: Progress in Physical Geography.
- BIZZI, L A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. 2003. F BRICALLI, L. L. 2016. Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: textos, mapas e SIG. Brasília: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 673 p.
- BRICALLI, L. L. 2016. Procedimentos Metodológicos e Técnicas em Geomorfologia Tectônica. Espaço Aberto, PPGG - UFRJ, V. 6, N.1, p. 75-110.
- BRITO NEVES, B.B. 1992. O fenômeno da ativação no contexto da Tectônica de Placas. Boletim IG-USP, Série Didática v.4:1-174.
- CASTRO, A.J ; Mello, C.L ; SILVA, T. P. 2004. Investigação morfotectônica a partir de anomalias de drenagem em um setor dos Alinhamentos de Cristas do rio Paraíba do Sul, Juiz de Fora (MG). In: XXVI Jornada de Iniciação Científica. UFRJ, Rio de Janeiro.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1980. Geomorfologia – São Paulo, Edgard Blucher, 2ª.edição.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Geologia do Estado do Rio de Janeiro. Brasília, p.614, 2001.
- 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. 1983. Geomorfologia. In: Projeto RadamBrasil: Levantamento de Recursos Naturais. v. 32. Rio de Janeiro, Ministério de Energia e Minas, Secretaria Geral. p. 305-384.
- GONTIJO, A. H. F. 1999. Mofotectônica do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul: Região da Serra da Bocaina, Estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, Tese de Doutorado, 259p.

HANCOCK, P. L.; WILLIAMS, G. D. 1986. Neotectonics. *Journal of the Geological Society*, v. 143, n. 2.

HASUI, Y. 1990. Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil. In: WORKSHOP SOBRE NEOTECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO CENOZÓICA CONTINENTAL NO SUDESTE BRASILEIRO, Belo Horizonte, 1990. Anais ...Belo Horizonte: SBG/MG, p.1-31.

HEILBRON, M., PEDROSA-SOARES, A.C., CAMPOS NETO, M.C., SILVA, L.C., TROUW, R.A.J., JANASI, V.A. 2004. Província Mantiqueira. In: V. MANTESSO-NETO, A. BARTORELLI, CARNEIRO, C.R. & BRITO NEVES, B.B. (orgs.) *Geologia do Continente Sul-Americano – Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Beca, p. 203-235.

HOWARD, A. D. 1967. Drainage analysis in geologic interpretation: summation. *Bulletin American Association of Petroleum Geologist*.

LIMA, M. I. C. 2006. Análise de drenagem e seu significado geológico-geomorfológico, UFPA, Belém.

MCCALPIN J.P. 2013. Neotectonics. In: Bobrowsky P.T. (eds) *Encyclopedia of Natural Hazards*. *Encyclopedia of Earth Sciences Series*, Springer, Dordrecht.

OLIVEIRA, D. 2010. Capturas fluviais como evidências da evolução do relevo: uma revisão bibliográfica. *Revista do Departamento de Geografia*, p 37-50.

PANIZZA, M.; CASTALDINI, D.; BOLLETINARI, G.; CARTON, A.; MONTOVANI, F. 1987. Neotectonic research in applied geomorphological studies. *Zeitschrift fuer Geomorphologie*. Stuttgart, v.63, p.173-211.

PENTEADO, M.M. 1974. *Fundamentos de Geomorfologia*. Rio de Janeiro: IBGE, 158p. (Biblioteca Geográfica Brasileira. Sér. D. Publicação, 3).

RICCOMINI, C. 1989. O Rift Continental do Sudeste do Brasil.. 256p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SAADI, A. 1993. Neotectônica da plataforma brasileira: esboço e interpretação preliminares. *Geonomos*,1(1):1-15.

SAADI, A. 1998. Modelos morfogenéticos e tectônica global: reflexões conciliatórias; *GEONOMOS*; UFMG, Belo Horizonte.

SALAMUNI, E.; EBERT H. D.; HASUI Y. 2004. Morfotectônica da Bacia Sedimentar de Curitiba. *Revista Brasileira de Geociências* Volume 34, p 469-478.

SILVA, T. M.; MONTEIRO, H. S.; CRUZ, M. A.; MOURA, J. R. S. 2006. Anomalias de drenagem e evolução da paisagem no médio vale do rio Paraíba do Sul (RJ/SP). *Anuário do Instituto de Geociências (Rio de Janeiro)*, v. 29, p. 210-224.

SILVA, T. M. 2002. A estruturação geomorfologia do Planalto Atlântico no Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 265p. (Tese de Doutorado, Depto. Geografia - IGEO/UFRJ).

SILVA, T. P. 2006. Neotectônica na região da Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul e áreas adjacentes, entre Miguel Pereira (RJ) e Juiz de Fora (MG), 125p, Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

SILVA, K. S. 2013. Influência litoestrutural na reorganização da drenagem e na retração erosiva de uma escarpa: um registro de capturas fluviais no ribeirão das Laranjeiras (Jquitiba, Ibiúna, São Lourenço da Serra - SP). 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.,

VARGAS, K. B. 2012. Caracterização morfoestrutural e evolução da paisagem da bacia hidrográfica do ribeirão Água das Antas – PR. 98 f, Dissertação (Mestrado em Geografia) Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil.