



**Igor Lourenço Oliveira**

**Origem e distribuição espacial dos processos  
erosivos na bacia do Córrego das Palmeiras, Barra do  
Piraí, RJ**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Marcelo Motta de Freitas

Rio de Janeiro  
Maio de 2017



**Igor Lourenço Oliveira**

**Origem e distribuição espacial dos processos  
erosivos na bacia do Córrego das Palmeiras, Barra do  
Piraí, RJ**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. Marcelo Motta de Freitas**

Orientador

Departamento de Geografia e Meio Ambiente – PUC-Rio

**Prof. Alexandro Solórzano**

Departamento de Geografia e Meio Ambiente – PUC-Rio

**Prof. Julio Cesar Horta Almeida**

Departamento de Geologia – UERJ

**Prof. Augusto César Pinheiro da Silva**

Vice Decano Setorial de Graduação e Pós-Graduação do Centro  
de Ciências Sociais– PUC-Rio

Rio de Janeiro, 04 de Maio de 2017

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

### **Igor Lourenço Oliveira**

Bacharel em Geografia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) em 2014, desenvolvendo monografia que tratou sobre a degradação ambiental da Baía de Guanabara nos últimos quarenta anos. Iniciou o mestrado em 2015 na linha de pesquisa de Transformação da Paisagem.

#### Ficha Catalográfica

Oliveira, Igor Lourenço

Origem e distribuição espacial dos processos erosivos na bacia do Córrego das Palmeiras, Barra do Piraí, RJ / Igor Lourenço Oliveira ; orientador: Marcelo Motta de Freitas. – 2017.

125 f. : il. color. ; 30 cm

Dissertação (mestrado)—Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Geografia e Meio Ambiente, 2017.

Inclui bibliografia

1. Geografia – Teses. 2. Evolução da paisagem. 3. Voçorocas. 4. Erosão do solo. I. Freitas, Marcelo Motta de. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Geografia e Meio Ambiente. III. Título.

CDD: 910

À minha família, meus amigos e especialmente  
À Daniel Sabino e Miguel Yalom.



## Agradecimentos

‘A’ohe hana nui ke alu’ia. Nenhuma tarefa é tão grande que não possa ser feita em conjunto. Esse provérbio havaiano sintetiza bem como foi a jornada para a conclusão do presente trabalho. Não fosse pela ajuda e apoio de colegas de trabalho, de estudo, amigos e família, dificilmente chegaria ao fim.

Primeiramente agradeço ao meu professor, orientador e amigo Marcelo Motta, o qual sempre me motivou a buscar mais nos momentos e “segurou a minha onda” nos momentos certos. Sua visão abrangente do objetivo proposto foi essencial. Agradeço imensamente todo o tempo disponibilizado para meu trabalho, sua paciência e essenciais colocações.

Agradeço à todo o grupo Morfotektos, em especial, Murilo, Stephany, Rafaela e Rodrigo, pelas contribuições em campo e considerações na qualificação. A ajuda de cada um de vocês foi essencial.

À professora Mônica Marçal, que em 2015 buscou me orientar acerca de como proceder em diversas situações da vida acadêmica. Agradeço também ao grupo Geomorphos, da UFRJ, pelo total acolhimento desde 2014.

Agradeço ao NIMA, em especial ao professor Luiz Felipe Guanaes, por sempre me disponibilizar o laboratório e total auxílio para a análise e confecção de mapas.

Meu muito obrigado aos colegas da canoagem que em diferentes momentos do mestrado sempre me apoiaram e me tranquilizaram no dia a dia e em viagens nas quais tive de me abster por alguns dias de compromissos. Maururu!

Destaco à ajuda de minha amiga Luciene, agora mestre em Geografia. Muito obrigado! Obrigado Aline por estar comigo nessa caminhada desde 2009, um sempre apoiando o outro.

Minha eterna consideração e agradecimento aos professores de todo o Departamento de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da PUC-RJ, por todo o conhecimento oferecido, os quais me acompanharam por toda vida.

Agradeço também à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Geografia e a toda secretaria do departamento, todos sempre muito preocupados em auxiliar a todos os alunos e com o máximo de zelo.

Muito obrigado aos professores doutores Alex e Julio por estarem presentes e contribuírem em minha banca de avaliação.

Mahalo Uncle Kimokeo for all the knowledge that you gave me about being a better person. I’ll never forget your words, “rains is a bless”. Get a good recover, i’m praying for you my brother

Aos colegas de turma, só tenho a agradecer por tudo que contribuíram, seja em aulas e apoio.

E por fim, a todos aqueles que contribuíram com sua força e palavras de incentivo durante esta jornada, muito obrigado!

## Resumo

Oliveira, Igor Lourenço; Freitas, Marcelo Motta (Orientador). **Origem e distribuição espacial dos processos erosivos na bacia do Córrego das Palmeiras, Barra do Piraí, RJ.** Rio de Janeiro, 2017. 125p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Geografia e Meio Ambiente, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A ocupação e uso dos solos têm claras implicações nos processos erosivos, porém devemos destacar também um dos atores principais para os processos erosivos, que é a evolução geomorfológica. A bacia do córrego das Palmeiras está inserida em um local com baixas amplitudes de relevo, mas que apresenta um alto potencial de vulnerabilidade a eventos de erosão e movimentos de massa. Destacamos obviamente o grande número de voçorocamentos que atingem determinadas áreas do médio vale do rio Paraíba do Sul, principalmente próximos ao seu eixo principal em um grande alinhamento de direção NE-SW a qual a bacia do córrego das Palmeiras está inserida. O presente estudo tem como objetivo principal descrever a origem e a distribuição dos processos erosivos na bacia do córrego das Palmeiras, na cidade de Barra do Piraí, Rio de Janeiro. Para que o principal objetivo desse trabalho seja alcançado, se torna necessário o cumprimento dos objetivos específicos, os quais são: Descrever a relação da orientação das voçorocas com as estruturas do substrato geológico; Descrever a relação entre processos erosivos e os níveis de base locais e; Descrever a relação entre processos erosivos e uso do solo. Para a realização deste trabalho foram utilizadas técnicas de análise e embasamentos teóricos da ciência geográfica e mais especificamente da área da geomorfologia. Podemos destacar como os principais resultados alcançados as análises referentes à relação entre os condicionantes geológicos/geomorfológicos e a ocorrência e comportamento de processos erosivos, permitindo afirmar que existe uma relação estreita entre a compartimentação geológica, orientação das estruturas, processos de rebaixamento de níveis de base, histórico de uso e ocupação do solo e a presença de processos erosivos.

## Palavras-chave

Evolução da paisagem; voçorocas; erosão do solo.

## Abstract

Oliveira, Igor Lourenço; Freitas, Marcelo Motta (Advisor). **Origin and spatial distribution of erosive processes in the Córrego das Palmeiras basin, Barra do Piraí, RJ.** Rio de Janeiro, 2017. 125p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Geografia e Meio Ambiente, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Land use has clear implications in the erosive processes and their relation with the geomorphological evolution can be seen notoriously. The Palmeiras stream basin is inserted in a place with low amplitudes of relief, but that presents a high potential of vulnerability to events of erosion and mass movements. We highlight obviously the large number of gully erosions that reach certain areas of the middle valley of the Paraíba do Sul river, mainly near its main axis in a great alignment of direction NE-SW to which the basin of the stream of Palmeiras is inserted. This study has as main objective the description of the origin and spatial distribution of the erosive processes in the Córrego dos Palmares basin. In order for the main objective of this work to be achieved, it is necessary to fulfill the specific objectives, which are: Analyze the spatial distribution of erosive processes; analyze the relation of the orientation of the gullies with the lithological structures of the geological substrate; Analyze the relationship between erosive processes and local base levels and; analyze the relationship between erosive processes and land use. For the accomplishment of this work, techniques of analysis and theoretical bases of the geographic science and more specifically of the area of geomorphology were used. We can highlight as the main results of the description the relationship between the geological / geomorphological conditions and the occurrence and behavior of erosive processes, allowing to affirm that there is a close relationship between the geological compartmentation, orientation of the structures. History of land use and occupation and the presence of erosive processes.

## Keywords

Landscape evolution; Gully erosion; soil erosion.

## Sumário

1. Introdução .....	16
2. Objetivos .....	25
3. Área de Estudo.....	26
4. Procedimentos Metodológicos .....	29
4.1. Revisão bibliográfica .....	28
4.2. Elaboração de mapas/mapeamento temático .....	29
4.2.1. Mapa de Knickpoints e Geologia.....	30
4.2.2. Mapa geomorfológico.....	32
4.2.3. Mapa da área de estudo; .....	32
4.2.4. Mapa de declividade .....	32
4.2.5. Mapa Hipsométrico .....	33
4.2.6. Mapa de processos erosivos.....	33
4.2.7. Mapa de lineamentos estruturais .....	33
4.2.8. Mapa de morfologia de encostas .....	34
4.2.9. Mapa de alvéolos .....	34
4.3. Trabalhos de campo .....	34
4.3.1. Reconhecimento da área; .....	34
4.3.2. Mapeamento de voçorocas; .....	34
4.3.3. Mapeamento de formas erosivas, alvéolos, knickpoint e vales suspensos.....	35
4.4. Análise de dados obtidos em campo e gabinete.....	35
5. Histórico de uso e ocupação do local.....	37
5.1. O caso da Fazenda Sant'anna.....	39
5.2. Os principais usos da terra .....	41
6. Contexto geral de evolução da paisagem Geológica e Geomorfológica .....	50
6.1. Contexto geológico da Província Mantiqueira e Faixa Móvel Ribeira .....	51
6.2. Quebra do Gondwana/ abertura do oceano Atlântico, surgimento de diques e a de Transtensão .....	54
6.3. Rift Continental do Sudeste do Brasil.....	56
6.4. Knickpoints/ nível de base .....	58
6.5. Contexto geomorfológico do médio vale do Rio Paraíba do Sul e da área de estudo .....	60
7. Climatologia.....	75

8. Dados obtidos em campo.....	76
8.1. Geologia, Knickpoints e afloramentos.....	77
8.1.2. Descrição dos knickpoint mapeados em campo:.....	79
8.2. Drenagem e morfologia de encostas da área de estudo .....	88
8.3. Alvéolos.....	95
8.4. Análise dos Lineamentos de Relevo .....	103
8.5. Hipsometria da área de estudo .....	104
8.6. Processos erosivos da área de estudo .....	107
9. Conclusão .....	117
10. Referências bibliográficas.....	120

## Lista de figuras

Figura 1 – Processo erosivo inciso.....	17
Figura 2 – Pipes no processo erosivo.....	21
Figura 3 – Mapa de localização da área de estudo.....	27
Figura 4 – Barra do Piraí e o Rio Paraíba do Sul “cortando” a cidade.....	39
Figura 5 – Fazenda Sant’anna.....	41
Figura 6 – Derrubada de árvores.....	43
Figura 7 – Terreiros de café.....	44
Figura 8 – Fragmentos Florestais em Barra do Piraí.....	45
Figura 9 – Fluxo Superficial.....	49
Figura 10 – Subdivisão do Sistema Orogênico Mantiqueira.....	52
Figura 11 – Mapa tectônico do Segmento central do Sistema Orogênico Mantiqueira.....	53
Figura 12 – Sistema de Riftes Continentais do Sudeste Brasileiro.....	54
Figura 13 – Falhas Transcorrentes.....	56
Figura 14 – Sistema de Riftes Continentais do Sudeste Brasileiro.....	57
Figura 15 – Nível de base local da área de estudo.....	59
Figura 16 – Mapa Geomorfológico do Estado do Rio de Janeiro.....	63
Figura 17 – Mapa de declividade da área de estudo.....	65
Figura 18 – Mares de morros.....	67
Figura 19 – Feições características da área.....	69
Figura 20 – Mapa Geomorfológico da área de estudo.....	70
Figura 21 – Transecto e compartimentos geológico-geomorfológicos entre as localidades de Barra do Piraí e Ipiabas.....	71
Figura 22 – Afloramento de Gnaiss.....	72
Figura 23 – Mapa de Knickpoints, afloramentos rochosos e período geológico.....	78
Figura 24 – Medição do Knickpoint da área de estudo.....	80
Figura 25 – Knickpoint 3 na rede de drenagem.....	81
Figura 26 – Knickpoint 4 em sua totalidade.....	82

Figura 27 – Knickpoint exposto na encosta.....	83
Figura 28 – Knickpoint 5 com o fluxo d'água permanente escoando em sua parede.....	84
Figura 29 – Área à montante do Knickpoint 5.....	84
Figura 30 – Dique de diabásio presente na encosta de morrote.....	85
Figura 31 – Dique de diabásio em um colúvio próximo ao córrego Casa Branca.....	86
Figura 32 – Stoneline na área de estudo.....	87
Figura 33 – Eixo de drenagem na área de estudo.....	88
Figura 34 – Mapa de rede de drenagens e morfologia de encostas.....	91
Figura 35 – Vale do córrego Bananal. Pequena planície aluvial no fundo do vale do córrego Bananal, o qual drena em direção ao córrego das Palmeiras.....	92
Figura 36 – Anfiteatro ( <i>hollow</i> ) na área de estudo.....	93
Figura 37 – Mapa de alvéolos da área de estudo.....	95
Figura 38 – Vale do córrego Bananal. Pequena planície aluvial no fundo do vale do córrego Bananal, o qual drena em direção ao córrego das Palmeiras.....	96
Figura 39 – Alvéolo com a presença de uma densidade de vegetação rasteira maior devido à maior umidade e retenção de água em períodos chuvosos.....	97
Figura 40 – Alvéolo em vale encaixado com a presença de knickpoint à jusante.....	98
Figura 41 – Alvéolo localizado em vale suspenso na área de estudo.....	99
Figura 42 – Grande alvéolo localizado no pé do morrote.....	100
Figura 43 – Alvéolo junto ao Córrego das Palmeiras.....	101
Figura 44 – Lineamento encaixado no vale do córrego das Palmeiras com orientação NNW-SSE.....	102
Figura 45 – Mapa de lineamentos e altitude do relevo da área de estudo.....	103
Figura 46 – Mapa hipsométrico da área de estudo.....	105



Figura 47 – Divisores ao fundo. Antes das casas se encontram os divisores da porção SO da área de estudo.....	106
Figura 48 – Mapa de processos erosivos.....	109
Figura 49 – Processo de voçorocamento.....	114
Figura 50 – Pequena voçoroca em local de declividade acentuada.....	114
Figura 51 – Voçoroca em corte de estrada com outras duas menores junto à ela.....	114
Figura 52 – Plantio de bambus como forma de tentativa de controle de voçoroca.....	114
Figura 53 – Grande voçoroca na área de estudo com mais de 100 metros de comprimento.....	115
Figura 54 – Grande voçoroca na área de estudo.....	115
Figura 55 – Escarificação e fluxo superficial.....	115
Figura 56 – Ravina em corte de estrada.....	115
Figura 57 – Pequena voçoroca em local de declividade acentuada.....	116
Figura 58 – Processo de escarificação na área de estudo com a presença de escoamento superficial e pisoteio de gado.....	116

## **Lista de Gráficos**

Gráfico 1 – Pluviosidade na estação de Resende no ano de 2013.....	75
--	----

## **Lista de Quadros**

Quadro 1 - Levantamento de dados utilizados nos mapeamentos e análises espaciais.....	36
Quadro 2 - Unidades Morfoestruturais e Morfoesculturais.....	61

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1 – Porcentagem de áreas verdes em Barra do Piraí.....	46
Tabela 2 – Aspectos dos padrões de drenagem mais comuns.....	90
Tabela 3 – Síntese das informações referentes às direções dos lineamentos na área de estudo.....	101

“Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá.”

Ayrton Senna

# 1.

## Introdução

A paisagem geomorfológica da região de Barra do Piraí no estado do Rio de Janeiro está diretamente relacionada à influência exercida pelo processo de evolução do médio vale do Rio Paraíba do Sul, e que segundo Dantas (2015) junto ao núcleo urbano de Barra do Piraí e ao longo da calha retilínea do rio Paraíba do Sul, ressalta-se uma marcante influência do substrato rochoso sobre as formas de relevo.

Há de se destacar todo o processo histórico de uso e ocupação da região do médio Vale do Rio Paraíba do Sul, o qual em consonância com a história evolutiva geomorfológica daquela paisagem pode ter influenciado na geração e intensificação de processos erosivos incisivos (Figura 1), mais comumente chamados de voçorocas e também de outras formas erosivas, como as ravinas e erosão em lençol.

A área na qual este estudo está inserido se encontra na Fazenda Sant'anna, em uma bacia do Córrego das Palmeiras, afluente do Rio Paraíba do Sul, situada na região Sudeste do Brasil, no estado do Rio de Janeiro no município de Barra do Piraí em uma região popularmente conhecida como médio Vale do Rio Paraíba do Sul.

A ocorrência de um processo erosivo está diretamente ligada a uma série de fatores, tais como: características e formas do relevo, propriedades e tipo de solo, existência e/ou tipo de cobertura vegetal e o grau de erosividade da chuva/água no local.



Figura 1- Processo erosivo inciso no interior da bacia do córrego das Palmeiras, próximo à sede da Fazenda Sant'anna. Foto: Igor Oliveira, 2015.

De acordo com Guerra e Marçal (2006), o processo de erosão do solo se inicia, quase sempre, através do escoamento superficial difuso (erosão em lençol), passando pela concentração em fluxos (erosão em ravinas), que pode evoluir para um escoamento mais concentrado e originar uma voçoroca, que são incisões bem profundas e agressivas.

Quando há a ocorrência de um evento chuvoso, a água da chuva pode infiltrar no solo e seguir subsuperficialmente, armazenar ou pode escoar superficialmente. As taxas de erosão estão diretamente ligadas ao comportamento que a água terá no local, o qual está condicionado aos fatores apresentados no parágrafo anterior.

Segundo Guerra (2013), os processos erosivos se relacionam ao longo do tempo e do espaço de uma forma direta, com relações estreitas entre variações temporais e de intensidade:

“Esses processos se distribuem ao longo do tempo e do espaço. Através do tempo, tipo e taxa dos processos em operação podem variar consideravelmente, levando a mudanças nos padrões e magnitude da erosão dos solos. Essas mudanças podem variar em poucas horas, durante um evento chuvoso, como podem ser sazonais, ao longo do ano, ou a longo prazo, refletindo os efeitos da ocupação humana, ou de anos mais secos e mais úmidos.” (GUERRA, 2013. p. 178.)

A fim de entender o processo de erosão a partir da água, devemos compreender seu funcionamento. Segundo GUERRA (2013):

“O processo se inicia da seguinte maneira: se cair sobre determinado tipo de solo mais água que possa se infiltrar, começa a ocorrer escoamento superficial, podendo provocar a chamada erosão em lençol, também chamada de erosão laminar.” (p.178)

Neste processo erosivo o fluxo de água escoar de superficialmente e de forma dispersa pela encosta, sem que haja um canal preferencial. De acordo com Guerra (2013), essa forma de escoamento ocorre, quase sempre, sob condições de chuva prolongada, quando a capacidade de armazenamento de água no solo e nas suas depressões e irregularidades são saturadas. A capacidade de infiltração do solo naquele local está excedida, ocorrendo assim o escoamento superficial, o qual terá a sua capacidade erosiva aumentada caso o fluxo e velocidade da água possuam grande intensidade.

As protagonistas deste processo erosivo são as gotas de chuva e seu efeito *splash*. De acordo com Guerra (1999), a ação do *splash*, também conhecido por erosão por salpicamento, é o estágio mais inicial do processo erosivo, pois prepara as partículas que compõem o solo, para serem transportadas pelo escoamento superficial. Este efeito pode ser ainda mais incisivo caso a área em que ele ocorre esteja sem cobertura vegetal, gerando neste caso uma maior chance de desagregação de materiais. A interação do *splash*, com o escoamento em lençol pode provocar mais erosão do que cada processo atuando isoladamente, segundo Young e Wiersma (1973). Isso ocorre devido ao fato de que com o efeito *splash* as partículas de materiais (solo) estão suspensas e podem ser transportadas de forma mais fácil pelo escoamento superficial. Esse tipo de processo erosivo costuma ocorrer em solos arenosos. Segundo Guerra (2013), em solos arenosos, o lençol cobre grandes porções das encostas, em contraste com as pequenas áreas

atingidas pelas ravinas. Em solos mais coesos e, portanto, mais resistentes à ação do splash e a erosão em lençol, as principais formas são as ravinas e voçorocas.

Com o tempo e uma maior velocidade do escoamento superficial da água, esta acaba gerando uma incisão maior no solo e que segundo Evans (1980), acabam originando as ravinas. O aumento do fluxo de água na encosta pode ocorrer pelo aumento na intensidade de chuva e também pela incapacidade de maior armazenamento de água no solo, ocasionando incisões na superfície deste.

De acordo com Ellison (1947), as ravinas têm, muitas vezes, o seu início a uma distância considerável do topo do morro, onde o escoamento se torna mais canalizado que em relação a áreas mais próximas ao topo e a sua incisão na encosta tendem a iniciar em áreas mais próximas à base e recuam em direção ao topo.

Assim como na erosão laminar, as gotas de chuva também têm um papel importante no processo de erosão em ravinas. As gotas de chuva aumentam a capacidade de transporte de água dentro das ravinas por meio da remoção de sedimentos. Autores como Guerra (2013) e Savat (1979), destacaram que a interação entre os eventos chuvosos e os fluxos de água pode aumentar a probabilidade de formação e ampliação da rede de ravinas em uma determinada encosta. Segundo Guerra (2013), o desmatamento e o uso agrícola podem acelerar os processos de formação de ravinas, em especial onde chuvas concentradas ocorrem em períodos em que os solos estão desprotegidos de cobertura vegetal, permitindo assim a erosão de um grande volume de material das encostas. Devemos mencionar que também há nas ravinas o processo de *splasherosion*, que é a desestruturação dos agregados do solo pelo impacto das gotas da chuva (COELHO NETTO, 1994; GUERRA, 1991).

A partir da erosão em ravina, podemos ter a evolução para um processo erosivo inciso. O escoamento superficial concentrados em sulcos e que originam as ravinas, podem aprofundar e alargar ao longo do tempo, dando origem às voçorocas (DUNNE & LEOPOLD, 1978; GUERRA, 1991). A ação erosiva da água na base e nas paredes laterais das ravinas atingindo o escoamento subsuperficial e solapando os *pipes* (túneis subterrâneos) existentes pelos quais há um escoamento de água, originando assim as voçorocas. Este processo erosivo possui características marcantes na paisagem, pois são muitas vezes permanentes nas encostas e originam diversos impactos. Ela possui um formato em V na

encosta, muitas vezes são fundas e largas e possuem paredes íngremes com a presença de *pipes*. E estes canais subsuperficiais geram grande instabilidade no solo.

O processo de voçorocamento se distingue de outros processos erosivos muito por conta do caminho que o fluxo de água segue, o qual é subsuperficial, como citado anteriormente e não somente superficial. Segundo Poesen (1993), a voçoroca é um canal resultante da erosão causada pelo fluxo intermitente susuperficial de água normalmente durante ou imediatamente após o fluxo de pesadas chuvas.

O caminho pelo qual segue o fluxo de água deste processo erosivo é um de seus diferenciadores com relação às ravinas, além desta diferença pode ser citado também o Glossário de Ciências do Solo dos Estados Unidos da América (1987) (in Guerra 1997), o qual cita que outra forma de diferenciação é com relação ao tamanho, as voçorocas possuem mais de 0,5m de largura e de profundidade.

O surgimento de uma voçoroca não está atrelado apenas à evolução de uma ravina, está ligada ao fluxo de chuvas, cobertura vegetal, uso do solo, histórico de evolução geológico e geomorfológico, ao tipo de solo no local e a presença de formigueiros de saúva, os quais contribuem para a ocorrência e aumento de dutos.

O grande mote para a existência e expansão deste processo erosivo são os *pipes* e estes o incrementam a partir do seu colapso. Este colapso ocorrerá por conta do grande fluxo subsuperficial, o qual transportará sedimentos daquele local em direção à base do processo erosivo. De acordo com Berry e Ruxton (1960), que estudaram a origem das voçorocas em Hong-Kong, a maior parte da água de chuvas fortes era transportada pelo escoamento subsuperficial (*pipes*), ocorrendo assim uma grande remoção de sedimentos, o aumento dos dutos e o colapso do material situado acima, originando assim estes processos erosivos.





Figura 2 - Pipes no processo erosivo no interior da área de estudo.  
Foto: Igor Oliveira, 2015.

Estas formas erosivas são muito recorrentes na região do médio vale do Rio Paraíba do Sul e em Barra do Piraí, diversos trabalhos tais como Dantas (1996), descrevem o cenário ambiental da região com extensas áreas de pastagens com manchas isoladas de capoeiras, nas quais os processos erosivos mantêm-se evidentes por meio de voçorocamentos.

Devemos destacar também a grande presença de pastagens e gramíneas, ao invés da existência de plantações e florestas. O tipo de vegetação existente influenciou na mudança da dinâmica hidrológica local, a densa rizosfera das gramíneas na superfície do solo proporciona condições ideais para a infiltração das águas pluviais. Porém, de maneira mais intensa, pois, pastagens não interceptam a água no dossel e a camada de serapilheira é inferior para regularizar a recarga gradual tal como ocorre nos solos de floresta. Zonas de saturação se formam a partir de dutos de formigueiros de saúva (DEUS, 1991) e com uma entrada veloz da água nestas zonas de saturação, acabam gerando voçorocas. O autor citado destaca a influência de fatores biológicos para a formação de voçorocas, citando o caso da formiga saúva, porém é necessário destacar que o processo de voçorocamento pode ocorrer mesmo que não haja a presença de túneis formados por formigas.

O cenário de desmatamento e uso intensivo do solo para o plantio e exploração do café durante o ciclo cafeeiro (séculos XVIII e XIX) e posteriormente para o uso daquela área para atividades pecuárias, influenciou no surgimento de voçorocas, como descrito anteriormente, porém uma ressalva se torna necessária: as voçorocas são parte de um processo de evolução daquela paisagem e elas ocorreriam mesmo que aquele local não tivesse sofrido um intenso uso do solo, afinal, estes processos erosivos também são causados por fatores geológicos e geomorfológicos e não apenas pelo uso do solo. Avelar e Coelho Netto (1992) demonstram a relação entre o controle lito-estrutural e a produção de feições erosivas, através das relações entre as camadas geológicas, os sets e orientação de faturas, a formação e orientação dos canais de drenagem, e consequentemente os processos erosivos.

Beavis (2000) também destaca a influência do controle lito-estrutural na gênese de voçorocamentos. Ele associa a formação de rachaduras no solo a orientação dos fraturamentos. E estas fraturas são importantes pelo fato de que ao se aproximarem dos divisores de águas, estas reativam a exfiltração do aquífero regional, adicionando forças cisalhantes na propagação remontante de algumas voçorocas, que conseguem ir além dos divisores de drenagem. Todo este processo de voçorocamentos faz parte da dinâmica geomorfológica, estando associados a expansão da rede de canais.

Destaca-se a grande influência exercida pelo substrato rochoso para o surgimento e comportamento das voçorocas: (Avelar e Coelho Netto, 1994 *apud* Dantas, 1995):

Avelar e Coelho Netto (1994) atribuem aos “sets” de faturamento, a geração de unidades morfológicas côncavas, denominadas “concavidades estruturais”, devido ao fato de que estas feições originam-se a partir de linhas de fraqueza do substrato rochoso. Estas fraturas facilitam a percolação e exfiltração dos fluxos subsuperficiais gerando, inicialmente, “tunneling” por “seepage erosion”. (p.20)

O uso do solo, seja ele no médio Vale do Rio Paraíba ou em qualquer outro local, acaba provocando mudanças no meio físico terrestre. E essas mudanças são oriundas dos avanços tecnológicos aplicados nos meios rurais, como a irrigação (Goudie e Viles, 1997), a qual foi utilizada pela primeira vez no Egito há cinco mil anos atrás, transportando água do Rio Nilo. A irrigação possibilitou a ocupação de áreas antes inimagináveis para a agricultura e um consequente aproveitamento econômico da área. Segundo Guerra e Marçal

(2006), mais ou menos na mesma época o arado foi usado pela primeira vez, perturbando os solos, como nunca havia acontecido antes. Os animais começaram a ser utilizados para puxar os arados, carregar água e transportar produtos agrícolas. Todos esses fatores acabaram gerando um uso intenso do solo e provocou diversos impactos em diversos locais do mundo.

O uso do solo de forma intensa e sem a adoção de práticas conservacionistas acaba gerando um grande impacto no local em termos geomorfológicos através de processos erosivos iniciados a partir do desmatamento, aragem e lavagem do topo do solo. Todo o material erodido é muitas vezes depositado em rios gerando problemas de alagamentos e abastecimentos relativos ao assoreamento dos rios.

Segundo Hart (1986) a erosão dos solos acontece de forma cada vez mais acelerada, tanto nos países tropicais como nos países de clima temperado. A partir do que é descrito pelo autor, há um agravante em nosso país, pelo fato de sermos um país de clima tropical, como solos mais profundos (muitas vezes) e chuvas torrenciais mais corriqueiras que em relação aos países temperados.

As voçorocas são as formas erosivas que mais se destacam e alteram a paisagem local e estas mudanças levam diversas consequências à população, como:

- Perda significativa de sedimentos, resultando na perda de produtividade da terra;
- Mudanças permanentes no fluxo subsuperficial, alterando a vegetação adjacente ao processo erosivo;
- Problemas relativos à sedimentação de cursos d'água e os problemas ecológicos relacionados a isso, incluindo a perda do habitat aquático;
- Aumento na turbidez da água, devido ao incremento de sedimentos no curso d'água;
- Diminuição da qualidade da água e aumento dos custos econômicos relativos à recuperação de rios;

Na região da área de estudo em particular, as voçorocas seguidas de assoreamento dos rios, ainda podem levar a problemas de abastecimento de água, produção de energia, diminuição da área agrícola e riscos e perdas relativos às construções.

A área na qual este estudo está inserido se encontra na Fazenda Sant'anna, em uma bacia do Córrego das Palmeiras, afluente do Rio Paraíba do Sul, situada na região Sudeste do Brasil, no estado do Rio de Janeiro no município de Barra do Piraí em uma região popularmente conhecida como médio Vale do Rio Paraíba do Sul.

A paisagem geomorfológica da região de Barra do Piraí no estado do Rio de Janeiro está diretamente relacionada à influência exercida pelo processo de evolução do médio vale do Rio Paraíba do Sul, e que segundo Dantas (2015) junto ao núcleo urbano de Barra do Piraí e ao longo da calha retilínea do rio Paraíba do Sul, ressalta-se uma marcante influência do substrato rochoso sobre as formas de relevo.

Há de se destacar todo o processo histórico de uso e ocupação da região do médio Vale do Rio Paraíba do Sul, o qual em consonância com a história evolutiva geomorfológica daquela paisagem pode ter influenciado na geração e intensificação de processos erosivos incisivos, mais comumente chamados de voçorocas e também de outras formas erosivas, como as ravinas e erosão em lençol.

Dessa forma, a origem e distribuição espacial dos processos erosivos da área de estudo são analisadas com o intuito de fornecer uma forma de entendimento dos processos erosivos do local.

## 2.

### Objetivos

A partir da compreensão da evolução geomorfológica do médio vale do Rio Paraíba do Sul, do entendimento dos mecanismos de detonação de voçorocas e também levando em conta o histórico de uso e ocupação do solo no local, temos como objetivo geral deste trabalho:

A análise da origem e distribuição dos processos erosivos na bacia de drenagem do Córrego das Palmeiras, afluente do Rio Paraíba do Sul, no município de Barra do Piraí.

Para se chegar ao do objetivo principal, foi importante a conclusão dos objetivos específicos descritos abaixo:

1. Análise da distribuição espacial dos processos erosivos;
2. Análise da relação da orientação das voçorocas com as estruturas litológicas do substrato geológico;
3. Análise a relação entre processos erosivos aos níveis de base locais;
4. Análise a relação entre processos erosivos e uso do solo.

### 3.

#### **Área de estudo**

A área de estudo desta dissertação se concentra em uma bacia do Córrego das Palmeiras, afluente do Rio Paraíba do Sul situado na região Sudeste do Brasil, no estado do Rio de Janeiro no município de Barra do Piraí em uma região conhecida como médio Vale do Rio Paraíba do Sul.

A cidade de Barra do Piraí é acessada pela Rodovia Lúcio Meira (BR-393), a Antiga Rio-Bahia e tem ligação com a Rodovia Presidente Dutra por meio da RJ-145, que é a principal via de acesso à cidade, sendo esta via a mais utilizada para acesso à área de estudo.

A bacia estudada compreende um rio afluente do Rio Paraíba do Sul, estando situada em sua margem esquerda. Além do Córrego das Palmeiras, a bacia compreende outros dois pequenos córregos afluentes do Córrego das Palmeiras, estes dois cursos d'água não possuem nome, dessa forma acabei denominamos como Córrego das Bananeiras e Córrego Casa Branca. A bacia do rio afluentes do Rio Paraíba do Sul se situa no interior da Fazenda Sant'anna, uma fazenda do século 19 e que contém diversas marcas do período escravocrata e da produção e café na região.



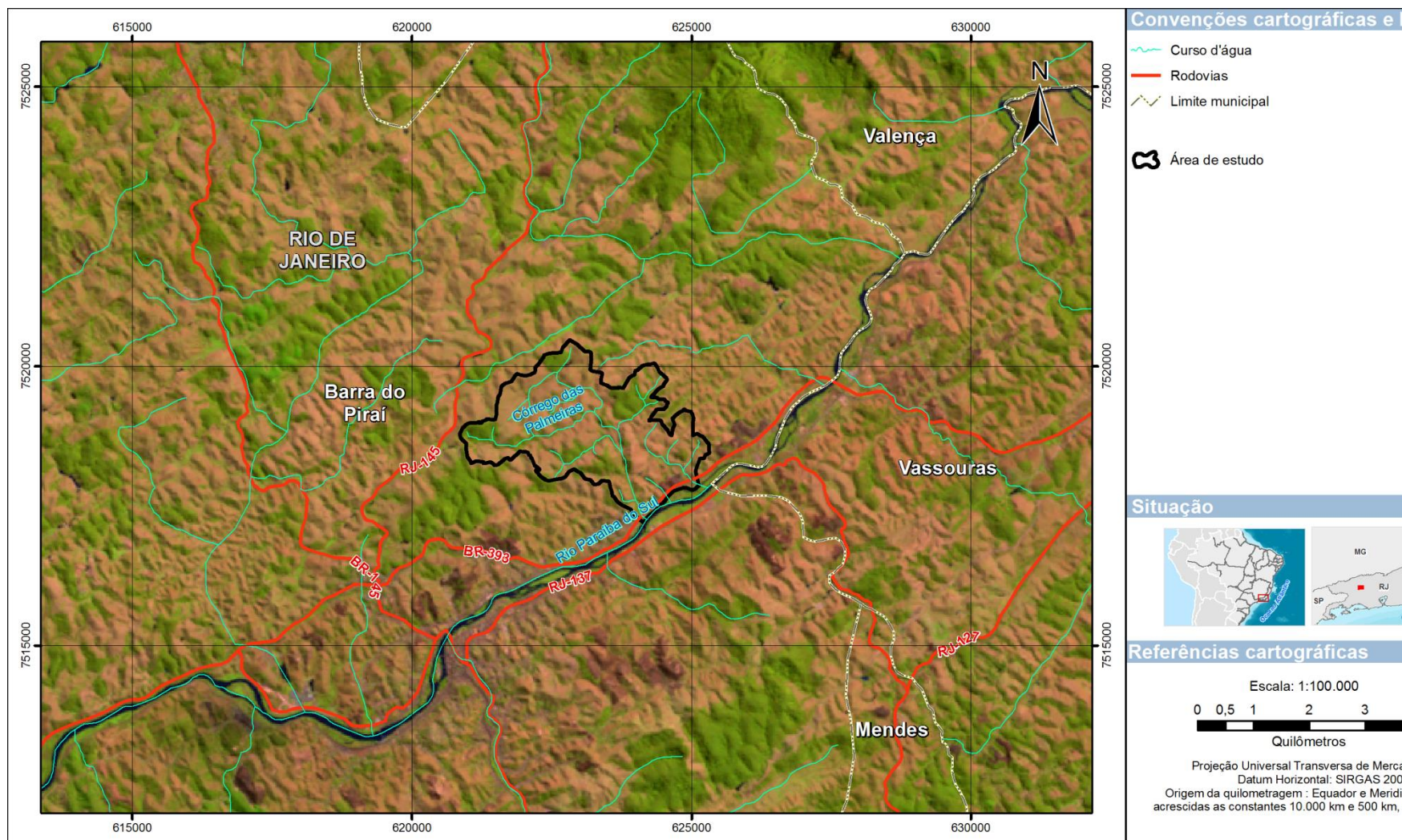


Figura 3 - Mapa de localização da área de estudo

A área de estudo se localiza entre a Serra do Mar e a Serra da Mantiqueira, no meio do Vale do Paraíba, na margem esquerda do Rio Paraíba do Sul. A área tem uma altitude média de 330 metros a partir do nível do mar, porém existem locais de maior altitude, justamente no topo de algumas colinas. Tais colinas possuem uma declividade inferior a 45° na maioria das vezes, sendo consideradas como um relevo suave.

Encontramos uma cobertura vegetal quase que uniforme em boa parte da área de estudo com a presença de gramíneas, braquiária, capim-colonião, capoeiras e rabo de burro. Algumas áreas um pouco mais desenvolvidas e/ou menos exploradas possuem uma vegetação um pouco mais densa com uma maior biodiversidade, árvores com mais de 3 metros e presença de serapilheira. Há ainda uma pequena área em que foi criado um plantio de eucaliptos.

O uso e ocupação do solo são atualmente marcadas pela presença da Fazenda Sant'anna, a qual é pautada por algumas construções históricas e outras mais atuais, tais como terreiros de café e sede da fazenda. Com seu histórico de desmatamento, a fazenda atualmente possui uma área para pastagem de uma pequena porção de bois e cavalos junto às áreas colinosas e próximas ao córrego principal.

Segundo dados da estação (83738) Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada no município de Resende (Latitude -22.45° e longitude -44.44), o clima na região aproxima-se do tipo climático tropical com estações bem definidas, chuva periódica e concentrada nos meses de verão (média de 265 mm no mês de janeiro) e inverno seco (média de 22 mm no mês de julho), com pluviosidade anual média de 1543 mm.

A partir das características descritas acima podemos dizer que a área de estudo é bem representativa quanto à região do médio Vale do Rio Paraíba do Sul, desta forma esta área foi escolhida como local de estudo para este trabalho, de forma em que pudemos destacar diversos pontos de interesse na área e relacioná-los entre si. Tais relações geraram alguns resultados, os quais serão apresentados nos próximos capítulos desta dissertação.



## 4.

### Procedimentos Metodológicos

Este capítulo tem como objetivo apresentar os procedimentos metodológicos de pesquisa utilizados neste trabalho. A realização e desenvolvimento do mesmo foram baseados em quatro etapas:

- 1- Revisão bibliográfica para a fundamentação teórica do tema
- 2- Elaboração de mapas/mapeamento temático;
- 3- Trabalhos de campo: reconhecimento, estudo e levantamentos da área de estudo;
- 4- Análise de dados obtidos em campo e gabinete.

Estas quatro etapas têm como objetivo gerar um trabalho que compreenda os processos erosivos na área de estudo e suas implicações na paisagem local, a qual é constituída por diversos eventos e tempos distintos, geológicos, geomorfológicos e históricos/antrópicos.

#### 4.1.

##### Revisão bibliográfica

Esta etapa teve como objetivo a elucidação do pesquisador e do leitor quanto ao tema abordado, de forma em que as ideias apresentadas estejam revelando o estado de arte do tema abordado. Para isso, livros, artigos, dissertações e teses de doutorado foram levados em consideração com o objetivo de compreender o funcionamento da área de estudo tanto do ponto de vista histórico evolutivo como o atual.

O estudo aqui apresentado se baseou em algumas etapas as quais foram desenvolvidas, como:

- Realização de um histórico de ocupação e uso do solo da área, pautado na intervenção antrópica no local a fim de realizar uma base teórica-conceitual que imponha a importância das atividades humanas naquela região do médio paraíba, baseado em autores como Roberto Guião de Souza Lima (2003), Warren Dean (1996), Aberto Lamego (1963) e Orlando Valverde (1967), o qual descreveu à respeito do desfecho do plantio do café: “A erosão trabalhava, portanto, com intensidade; especialmente a erosão do lençol. Daí resultava que, entre os 15 e 18 anos

de idade, os cafeeiros começavam a se ressentir, em virtude de ficarem suas raízes capilares superiores expostas ao ar.” Destaquemos também um trecho de Souza Lima (2003): “A inevitável erosão tornava as encostas imprestáveis e o desmatamento intensivo e as queimadas traziam alterações climáticas, influenciando na regularidade do regime de chuvas, que toda a serra anteriormente ostentava e de que o café tanto necessitava”. Deste modo fica claro o desfecho que aquela região teve por conta do uso incessante daquela região para o plantio do café.

- Além dessa etapa histórica-descritiva, foram colocados autores que observaram com profundidade os possíveis resultados do uso e ocupação históricos daquele local, tais como Marcelo Eduardo Dantas e Ana Luiza Coelho Netto (1993).
- Tão importantes quanto as etapas anteriores é a etapa em que os aspectos geológicos e geomorfológicos da região são traçados, a fim de compreender as particularidades em torno da evolução geomorfológica da paisagem da área de estudo. Autores como Mônica Heilbron (1995), que apresentou em seu artigo a estrutura uma proposta de evolução policíclica para o segmento central da Faixa Ribeira, durante a Orogênese Brasileira. Isto se deu a partir do estudo e compreensão da estruturação geral do segmento central da Faixa Ribeira e sua compartimentação em quatro domínios tectônicos.

#### **4.2.**

#### **Elaboração de mapas/mapeamento temático**

Os mapas temáticos devem fornecer com o auxílio de símbolos qualitativos e/ou quantitativos dispostos sobre uma base de dados, geralmente extraída dos mapas e cartas topográficas, informações referentes a determinado tema ou fenômeno presente no território mapeado (IBGE, 2005).

Por este motivo foram elaborados mapas objetivando o entendimento da dinâmica de evolução da paisagem do local. E para a elaboração destes, a integração da base de dados ocorreu por meio do Sistema de Informações Geográficas (SIG) utilizando o software ArcGis (ArcMap 10) o qual possibilitou, por meio da base cartográfica do INEA de 1:500.000, DRM 1:100.000 e IBGE

1:100.000, a elaboração dos mapas; knickpoint e geológicos (litologia); geomorfológico; processos erosivos; lineamentos estruturais; alvéolos; morfologia de encostas; área de estudo; hipsométrico, e declividade, os quais serão melhor descritos abaixo.

#### **4.2.1.**

##### **Mapa de Knickpoints e Geologia**

Este mapa foi elaborado a partir de dados sobre a constituição litológica, estrutura e período geológico oriundos de um trabalho de mapeamento geológico realizado pelo DRM em 1995. Além disso, para a constituição deste mapa foram realizadas incursões em campo com o objetivo de mapear os knickpoints.

A confecção deste mapa teve como objetivo relacionar a constituição litológica da área de estudo e o possível comportamento da evolução da paisagem atrelada aos seus condicionantes litológicos e outras condicionantes locais.

- Base cartográfica atualizada a partir da Carta Topográfica SF-23-Z-A-III-3\_BarraDoPirai;
- Levantamento de campo, Novembro de 2016;
- Unidades Geológicas – DRM/RJ, 1995.

#### **4.2.2.**

##### **Mapa geomorfológico**

O mapa geomorfológico representa o padrão morfológico predominante na área de estudo e o conhecimento das formas de relevos encontradas no local, os quais são muito importantes para a compreensão do comportamento dos processos erosivos no local. Também estão destacadas as drenagens da área de estudo.

Para a elaboração destes mapas foi usado um shapefile do Instituto Estadual do Ambiente (INEA) do Rio de Janeiro em que mapearam as feições de relevo do estado do Rio de Janeiro em uma escala de 1:500.000.

- Base cartográfica atualizada a partir da Carta Topográfica SF-23-Z-A-III-3\_BarraDoPirai;
- Levantamento de campo, Novembro de 2016;
- Indicadores Ambientais do Estado do Rio de Janeiro – INEA, 2010;

### 4.2.3.

#### **Mapa da área de estudo;**

Este mapa foi elaborado a partir da delimitação da bacia hidrográfica com as curvas de nível extraídas do INPE e utilizando o software ArcMap 10, o resultado deste trabalho foi a geração do recorte espacial da área de estudo, levando em conta os dois rios afluentes do Rio Paraíba do Sul.

A escala de análise escolhida, bacia hidrográfica, se deu pelo motivo de que esta leva em conta tanto fatores ditos como naturais, como os de ordem antrópica e isso sempre deve ser levado em conta no momento que entendemos a bacia hidrográfica como um sistema aberto e passível de intervenções variadas. De acordo com Coelho Netto (2001), a bacia hidrográfica se caracteriza como um sistema hidrogeomorfológico, onde as mudanças de ordem natural ou antrópicas que operam no fornecimento de energia causam um reajuste nas formas e processos, de acordo com suas intensidades. Dessa forma, podemos dizer que a bacia hidrográfica é a unidade da paisagem mais adequada aos estudos de processor erosivos incisivos dado que, segundo a revisão bibliográfica, estes estão relacionados diretamente com a expansão da rede de drenagem e fundamentalmente reguladas pelos níveis de base.

- Imagem Landsat5 – INPE
- Base contínua, escala 1:250.000 – IBGE, 2015

### 4.2.4.

#### **Mapa de declividade**

O mapa de declividade permite a visualização das diferentes declividades do relevo e também nos oferece uma ideia das diferenças e semelhanças altimétricas e morfológicas encontradas na área de estudo. O grau de declividade se dá de acordo com uma metodologia proposta pela EMBRAPA, na qual são colocadas as seguintes classes: escarpado; montanhoso; forte ondulado; ondulado; suave ondulado; e plano.

- Base cartográfica atualizada a partir da Carta Topográfica SF-23-Z-A-III-3\_BarraDoPirai;
- Basemap - Serviço de Imagens da ESRI
- MDE, resolução de 20m – IBGE, 2010;

#### 4.2.5.

##### **Mapa Hipsométrico**

O mapa hipsométrico permite a visualização das diferentes classes de altitude da área de estudo. Tais classes consistiram em um intervalo de 15 metros.

- Base cartográfica atualizada a partir da Carta Topográfica SF-23-Z-A-III-3\_BarraDoPirai;
- Basemap - Serviço de Imagens da ESRI
- MDE – IBGE, 2010;

#### 4.2.6.

##### **Mapa de processos erosivos**

O mapa de processos erosivos foi elaborado a partir de trabalhos de campo e a localização de processos erosivos *in loco*. A partir da localização do processo erosivo, pontos foram marcados usando o GPS Garmin e exportados para os softwares ArGis e Google Earth.

- Base cartográfica atualizada a partir da Carta Topográfica SF-23-Z-A-III-3\_BarraDoPirai;
- Basemap - Serviço de Imagens da ESRI;
- Levantamento preliminar a partir da interpretação de imagens no Google Earth, Consulta em janeiro de 2016;
- Levantamentos de campo, Março, Junho, Setembro, Outubro e Novembro de 2016;

#### 4.2.7.

##### **Mapa de lineamentos estruturais**

O mapa de lineamentos foi elaborado a partir de trabalhos de campo e interpretação de imagens de satélite através do ArcGis e Google Earth.

- Base cartográfica atualizada a partir da Carta Topográfica SF-23-Z-A-III-3\_BarraDoPirai;
- MDE, resolução de 20m – IBGE, 2010;

#### **4.2.8.**

##### **Mapa de morfologia de encostas**

O mapa de morfologia de encostas foi elaborado a partir do software ArcGis e com o uso de sua aba de ferramentas para a confecção de um layer com a morfologia do local. Após isso foi feita uma conferência junto aos dados gerados automaticamente.

- Base cartográfica atualizada a partir da Carta Topográfica SF-23-Z-A-III-3\_BarraDoPirai;
- MDE, resolução de 20m – IBGE, 2010;

#### **4.2.9.**

##### **Mapa de alvéolos**

O mapa de alvéolos foi gerado a partir de trabalhos de campo e de interpretação dos dados referentes a declividade gerados a partir do software ArcGis.

- Base cartográfica atualizada a partir da Carta Topográfica SF-23-Z-A-III-3\_BarraDoPirai;
- MDE, resolução de 20m – IBGE, 2010;

#### **4.3.**

##### **Trabalhos de campo**

Os trabalhos de campo consistiram em duas fases:

##### **4.3.1.**

##### **Reconhecimento da área;**

Nesta fase foram realizadas incursões de campo com o objetivo de conhecer a área, visando uma versão abrangente sobre o local de pesquisa e abarcando as diversas condicionantes existentes para a ocorrência de processos erosivos, desde litologia e afloramentos, à cortes de estrada, cercas e vegetação.

##### **4.3.2.**

##### **Mapeamento de voçorocas;**

O mapeamento de voçorocas não se deu apenas em gabinete com o uso de SIG, afim de um mapeamento mais rígido dos processos erosivos foi realizado um mapeamento *in loco* nos quais foram marcadas as coordenadas das voçorocas encontradas. Também foram realizadas as análises locais das voçorocas, observando a característica dos pipes e do solo.

#### **4.3.3.**

#### **Mapeamento de formas erosivas, alvéolos, knickpoint e vales suspensos**

Este mapeamento consistiu em marcar pontos e descrever algumas formas erosivas, tais como: ravinas; escarificações e; deslizamentos. A partir deste mapeamento em campo pudemos observar algumas possíveis causas para tais processos.

##### **1- Mapeamento de alvéolos**

O mapeamento de alvéolos consistiu em uma observação de campo, mas também em observação e análise de imagens de satélite disponibilizadas pelo software google earth, as quais pudemos ter uma visão bem abrangente da área de estudo, a qual contém a presença de algumas feições erosivas denominadas como alvéolos.

##### **2- Mapeamento de knickpoints**

O mapeamento de kinckpoints foi feito de uma forma em que no mesmo momento pudemos estabelecer uma relação direta com a presença de processos erosivos e de vales suspensos na área de estudo, fazendo com que o cruzamento desses dados gerasse algumas conclusões a respeito da área.

##### **3- Vales suspensos**

Este mapeamento foi feito tanto em campo como em gabinete, com o uso do SIG. Os dados obtidos a partir dos knickpoints ajudaram no mapeamento em campo e a visão abrangente das imagens de satélite ajudou a fornecer o tamanho exato de alguns vales suspensos.

#### **4.4.**

#### **Análise de dados obtidos em campo e gabinete**

A partir dos dados obtidos em campo e durante a revisão bibliográfica, a análise em gabinete teve como objetivo compreender e apontar os motivos (antrópicos e naturais) pelos quais os processos de voçorocamento são tão

recorrentes naquela região e isso foi possível a partir dos mapas elaborados, os quais auxiliaram na compreensão da área a partir do cruzamento de dados.

A partir da análise dos dados de uso do solo, geológicos e geomorfológicos obtidos em campo e gabinete foi possível traçar os fatores litológicos, pedológicos e de uso do solo que contribuíram para a presença de processos erosivos na área de estudo. Um bom exemplo é sobre a litologia, que mesmo sendo quase que uniforme na área de estudo, apresenta diferenças em resistência litoestrutural e isso originou kinickpoints, os quais possibilitaram a existência de vales suspensos, os quais influenciaram na morfologia local.

**Quadro 1** - Levantamento de dados utilizados nos mapeamentos e análises espaciais

Dados	Fonte	Formato
Localização da bacia hidrográfica	INPE	Raster
Base cartográfica (hidrografia, sistema rodoviário, Limites municipais e Unidades da Federação)	IBGE	Shapefile
Geomorfologia	INEA	Shapefile
Fotografias	Levantamento de Campo	Fotografia
Geologia	DRM/RJ	Shapefile
Imagem de satélite Landsat 5 (2015)	INPE	Raster
Pontos de campo	Levantamento de Campo	Shapefile
Declividades	IBGE	Shapefile
Hipsometria	IBGE	Raster

Fonte: Organização Igor Oliveira, 2017.



## 5.

### Histórico de uso e ocupação do local

Atualmente temos as atividades industriais de siderurgia e indústria automotiva como o grande destaque econômico da região do médio Vale do Rio Paraíba do Sul e no passado, como mencionado anteriormente, destacamos a cafeicultura (século XIX) e posteriormente há um grande destaque para a atividade pecuária (início século XX).

A fim de destacarmos a importância da cafeicultura para a transformação daquela paisagem, é necessário que expliquemos por quais motivos aquela região foi ocupada pelo cultivo do café e todo o modo de vida e cultura inerente à atividade, afinal, o café já era um velho conhecido dos brasileiros, mas apenas no século XIX este se expandiu, como descreve Valverde (1967):

A causa fundamental do “boom” do café no Brasil foi a revolução industrial. Só ela pode explicar como, apesar de conhecerem a bebida desde o século XVII, os povos do ocidente só vieram a constituir um mercado realmente grande a partir do século XIX. O trabalho nas indústrias passou a exigir um consumo maior de estimulantes. (Valverde, 1967)

O momento era oportuno para o Brasil, visto que o consumo de café nos Estados Unidos da América aumentava. No entanto, a oferta diminuía, pois estavam ocorrendo diversas guerras de libertação em colônias espanholas e havia um monopólio espanhol em outros países produtores. A produção de café era muito atraente, os preços eram elevados e sedutores e havia uma grande procura e demanda para este produto.

As plantações de café no estado do Rio de Janeiro tiveram início na cidade do Rio de Janeiro e logo se expandiram em direção à baixada fluminense, incluindo Japeri, último município da região metropolitana e localizado na subida da Serra das Araras.

Hoje em dia podemos observar uma grande facilidade para se chegar à região, com a presença de linha férrea e da Rodovia Presidente Dutra. Esta facilidade posterior não foi encontrada por aqueles que primeiro passaram pela região após os índios, os mineiros de ouro e pedras preciosas:

Os primeiros caminhos que atravessaram o Vale do Paraíba surgiram, ainda no século XVII, com a finalidade de encontrar ouro e pedras

preciosas no interior da colônia, através das picadas abertas pelos índios no meio do sertão. Encontrado, na região das Minas Gerais, deu-se início à construção de uma rede de estradas, consolidada ao longo dos séculos seguintes. Com o declínio das minas a partir de 1750, os antigos caminhos de terra, sinuosos e estreitos, foram ampliados para a passagem das tropas que transportavam o café, a maior riqueza do século XIX. (Inventário de Barra do Piraí, 2010)

Apesar de conhecerem aquela região, os mineiros não a exploraram, eles apenas a usaram como caminho para o Rio de Janeiro, a fim de escoar as riquezas minerais. Nesse momento (séc. XIX) a cidade de São João Marcos adquire uma grande importância no cenário econômico, afinal ela era o meio do caminho entre São Paulo e Minas Gerais, e o Rio de Janeiro, concentrando uma bela arquitetura e oligarquia muito participativa na época.

Com a produção cafeeira em alta, crescimento econômico e a necessidade em escoar com maior rapidez a produção, começam a surgir as pressões políticas, exercidas por fazendeiros, no governo para a construção de linhas férreas em direção ao Rio de Janeiro.

Em 1854, Visconde de Mauá construiu a primeira linha férrea da América Latina, ligando Pacobaíba (atual Praia de Mauá) às serras de Petrópolis. Já em 1858 foi concluído o primeiro trecho da Estrada de Ferro D. Pedro II, saindo da Praça da Aclamação (atual Praça da República) até Queimados. Sete meses depois foi concluída mais uma seção, chegando assim à Estação de Belém, atual Japeri.

Neste momento houve um grande dilema no governo, como destaca abaixo o Inventário do Inepac:

Essa primeira seção foi concluída sete meses depois, com a inauguração da estação de Belém, hoje Japeri. A partir dali, para se atingir o Vale do Paraíba do Sul, um grande obstáculo deveria ser vencido, a Serra do Mar e, daí, a estrada deveria bifurcar-se para os sentidos de Minas Gerais e São Paulo. O ponto de bifurcação da estrada foi motivo de acaloradas discussões, envolvendo, de um lado, grupos de fazendeiros de Vassouras, liderados pela família Teixeira Leite, que desejavam construí-lo na primeira estação da serra — Rodeio, atual cidade de Paulo de Frontin — cortando o município ao meio para depois passar pela cidade de Vassouras. O outro grupo, constituído por fazendeiros valencianos, representados principalmente pela família Pereira de Faro, desejava que a ferrovia se dirigisse até as margens do Paraíba do Sul, na altura da barra do Rio Piraí, passando por onde possuíam fazendas. (Inepac, 2011)

Após estudos, o governo acabou optando pela bifurcação nas proximidades do Rio Paraíba do Sul. E já em 1863 com a inauguração das estações *Santana de Barra* e *Barra do Pirai*, Barra do Piraí se tornou um importante entroncamento ferroviário. A cidade deixou de ser uma insignificante localidade e se desenvolveu rapidamente junto as atividades cafeeiras e comerciais.

Não foi somente a linha férrea que ocupou um papel determinante para o desenvolvimento da cidade, Lamego (1967), em sua obra, aborda como se deu a origem da cidade a partir de um fator muito importante, o rio:

Barra do Piraí, entretanto, tem uma dupla origem a dividir em facções opostas os habitantes de cada margem. Na esquerda, com o barão de Rio Bonito, enraizara-se o espírito da nobreza rural, enquanto na direita, logo após a chegada dos primeiros trens, inúmeros imigrantes, sobretudo portugueses, instalaram-se ao redor da nova estação. O forte comércio desenvolvido com o café nesta margem, consolidado com grandes capitais de firmas cariocas em transações com longínquas fazendas de várias zonas distanciadas do arraial e de proprietários desatentos da vida urbana, cria ali uma classe financeira estabilizada pelo desapego ao solo agrícola onde não tinha raízes. Enquanto isto, na margem esquerda, domina o “barão”, grande senhor de terras que até ali vinham e com o seu potencial econômico exclusivamente agrícola. (Lamego, 1967)



Figura 4 – Cidade de Barra do Piraí cortada” ao meio pelo Rio Paraíba do Sul.  
Foto: Prefeitura de Barra o Piraí, 2012.

Além disso, ele descreve muito bem o peculiar crescimento e a evidente diferenciação dentro da cidade separada pelo rio Paraíba do Sul:

O exemplo é notável de um poderoso choque entre o campo e a cidade. Enquanto na sua margem, constrói o barão a igreja de Santana, levantam os barrenses na outra a capela de São Benedito. Nasce logo uma simplória querela de irmandades que se nutre e aumenta com a separação criada pelo rio. Fortifica-se com o antagonismo entre a burguesia subitamente enriquecida pelo comércio e a aristocracia rural ciosa das suas tradições. Acirra-se a luta com a politicagem sempre à espreita das menores desavenças para delas se beneficiar”. (LAMEGO, 2007)

## 5.1.

### O caso da Fazenda Sant’anna

Com a clara distinção entre a ocupação das margens esquerda e direita do rio, podemos entender melhor o caso da Fazenda Sant’anna (latitude: -22.443955° longitude: -43.793419°). A fazenda está situada à margem esquerda da BR-393, e sua sede está em um platô, no alto de uma colina, delimitada por muros. Ao entrar na fazenda há uma rua com piso no estilo pé-de-moleque, a qual é rodeada por palmeiras imperiais, e que leva aos terreiros de café, sede, cocheiras, capela e senzala.

Apesar de mudanças em sua construção original, ela ainda apresenta características bem comuns à época de sua construção, tais como: tijolos de barro e paredes de pau-a-pique. Na figura 5, podemos observar a sede da fazenda situada em um platô, como descrito anteriormente.

Segundo o Instituto Estadual do Patrimônio Cultural, a Fazenda de Sant’ Anna foi um dos marcos na colonização de Barra do Piraí. Sua sede foi construída pelo pai do 1º Barão do Rio Bonito - o Comendador Joaquim Pereira de Faro. Posteriormente, esta se tornou a principal fazenda da família Faro. Em 1812 foi vendida aquela área para o 1º Barão do Rio Bonito, Joaquim José Pereira de Faro, que somente se instalou definitivamente na fazenda em 1852. Já em 1856 foi passada por herança aos herdeiros, respectivamente, os 2º e 3º Barões do Rio Bonito, João Pereira Darrigue de Faro e José Pereira de Faro. E em 1892 foi cedida, por conta de dívidas oriundas do declínio do café a um dos seus credores o comendador José Joaquim de França Júnior.



Figura 5: Fazenda Sant'anna  
Foto: Igor Oliveira, 2010.

## 5.2.

### Os principais usos da terra

A área de estudo escolhida para o estudo de caso deste trabalho abrange a Fazenda Sant'anna e isso se justifica pelo fato de que o seu histórico de uso da terra foi o mais comum na região, cafeicultura e pecuária, e também pelo estágio atual que o local se encontra, com a presença de pastagens e diversos cortes de estradas nos morros do local.

Muito se fala o quão nocivo foi o plantio de café no médio Vale do Paraíba, mas poucos são os trabalhos que abordam de forma tão objetiva as consequências do plantio extensivo de café nas superfícies mamelonares do médio Paraíba quanto o trabalho de Dantas e Coelho Netto (1996), em que são destacadas as mudanças no regime hidrológico da região, com a introdução de um

período seco de até seis meses e com o rebaixamento do relevo do local com a transferência de sedimentos para os cursos hídricos da região.

Segundo Stein (1961), a devastação dos morros cobertos de floresta primária, provocou a erosão e as mudanças climáticas. De um extremo ao outro do Vale do Paraíba a história se repetia, a natureza ajudando o trabalho destrutivo do homem.

Para que entendamos os efeitos e as consequências da cafeicultura na região, é necessário que descrevamos a paisagem daquele local, segundo Dantas e Coelho Netto:

A floresta pluvial, que cobriu o Médio Vale do Paraíba do Sul durante praticamente todo o Holoceno, desenvolveu solos férteis com espessos horizontes orgânicos. Contudo, estes “solos holocênicos” não mais existem, devido ao desmatamento e a práticas agrícolas predatórias, que acarretaram na exaustão dos solos. (Dantas e Coelho Netto, 1996)

Podemos então dizer, que naquela região de mares de morros e com predominância de colinas baixas, existia uma vasta floresta atlântica, que foi substituído por pastagens, capoeiras isoladas e algumas florestas secundárias em topos de morros.

A exaustão do solo descrita por Dantas e Coelho Netto (1996), e muitos outros autores, não era somente causada pelo uso intenso do solo, era também pelo modo como eram feitas as clareiras, nas quais era retirada a matéria orgânica devido aos roçados. Podemos observar na figura 6, o método de derrubada de árvores para a abertura de clareiras. Este processo de abertura de clareiras é descrito por Valverde e desta forma podemos entender o quão degradante era esta “metodologia” de cultivo:

Abria a primeira clareira junto a um rio, onde construía o primeiro rancho para abrigar a família. Os roçados prosseguiram pela encosta inferior dos morros, aí para plantar café. Esse penoso serviço nunca era feito pelos escravos, mas pelos caboclos, geralmente mineiros, seguindo fielmente a técnica de seus mestres, os índios. Faziam incisões a machado no tronco das árvores maiores, à medida que iam subindo o morro. Lá em cima, era derrubado o “matador”, árvore mais alta, previamente escolhida, que, na sua queda, ia pôr abaixo todas as demais. (Valverde, 1967)





Figura 6: Derrubada de árvores no século XIX.  
Figura extraída do livro O Homem e a Serra.

Além de “agressiva”, a tarefa da derrubada de árvores era muito perigosa, dura e aliviante (algumas vezes) para os lenhadores, como descreve Dean:

...o sopé inteiro desabava com uma tremenda explosão, levantando uma nuvem de fragmentos, bandos de papagaios, tucanos, aves canoras e, da parte dos lenhadores, um grito de alívio. Isso porque, se a decisão do capataz se mostrasse equivocada e apenas umas poucas árvores caíssem, então os infelizes lenhadores teriam de descer entre as gigantes cambaleantes e acabar de derrubá-las uma a uma. Não era raro, então que as gigantes desencadeassem sua vingança ao caírem de forma imprevista. (Dean, 1996.)

A partir disso, houve uma intensa ocupação das áreas de mata atlântica, as quais foram substituídas não somente pelas plantações de café, como também por construções referentes à produção de café, tais como terreiros, senzalas, estábulos, sedes das fazendas e estradas.



Figura 7 - Terreiros de café no interior da Fazenda Sant'anna.

Foto: Igor Oliveira

Podemos observar na figura 7, o característico relevo da região do médio Vale do Rio Paraíba do Sul, pequenos morrotes, com uma altura de mais ou menos cinquenta metros a partir do nível do Rio Paraíba do Sul, com superfícies íngremes em alguns momentos e suaves em outros, as quais podemos chamar de meias laranjas (Ab'Saber, 1967). Além disso, pode ser visto que a construção desses terreiros para a secagem do café se deu nos fundos de um vale, aproveitando-se de um curso de água que ocorre no local, para a produção do café e abastecimento da fazenda, e também de uma questão lógica, era muito mais fácil descer em direção ao fundo de vale com a colheita, do que subir caso o terreiro estivesse localizado morro acima.

A década de 1830 foi decisiva para aquela paisagem, pois foi nesta década que o Brasil se tornou o principal produtor mundial de café e consequentemente este foi o maior produto exportado de nosso país no século, segundo Valverde. Com isso as áreas com plantações de café só cresceram e produziam uma quantidade jamais vista, chegando a 56% do total produzido no



mundo, ou seja, mais da metade do café produzido em todo o mundo era brasileiro.

E o impacto ambiental de toda essa produção é claro para nós hoje ao procurarmos fragmentos florestais e observarmos uma paisagem com uma cobertura vegetal completamente fragmentada na região de Barra do Pirai. Ao procurarmos uma área florestada que seja maior e mais contínua, observamos apenas no Morro do Cruzeiro, que faz parte da Serra da Concórdia, a qual atualmente é um parque estadual. Segundo Ricardo Wagner Miranda, gestor do Parque Estadual Serra da Concórdia, os fragmentos florestais observados na Serra da Concórdia só estão presentes, pois devido a sua altitude elevada (até 1050 metros) e declividade acentuada, as plantações de café não subiram as montanhas que compõem a serra, elas se situaram na base desses locais.

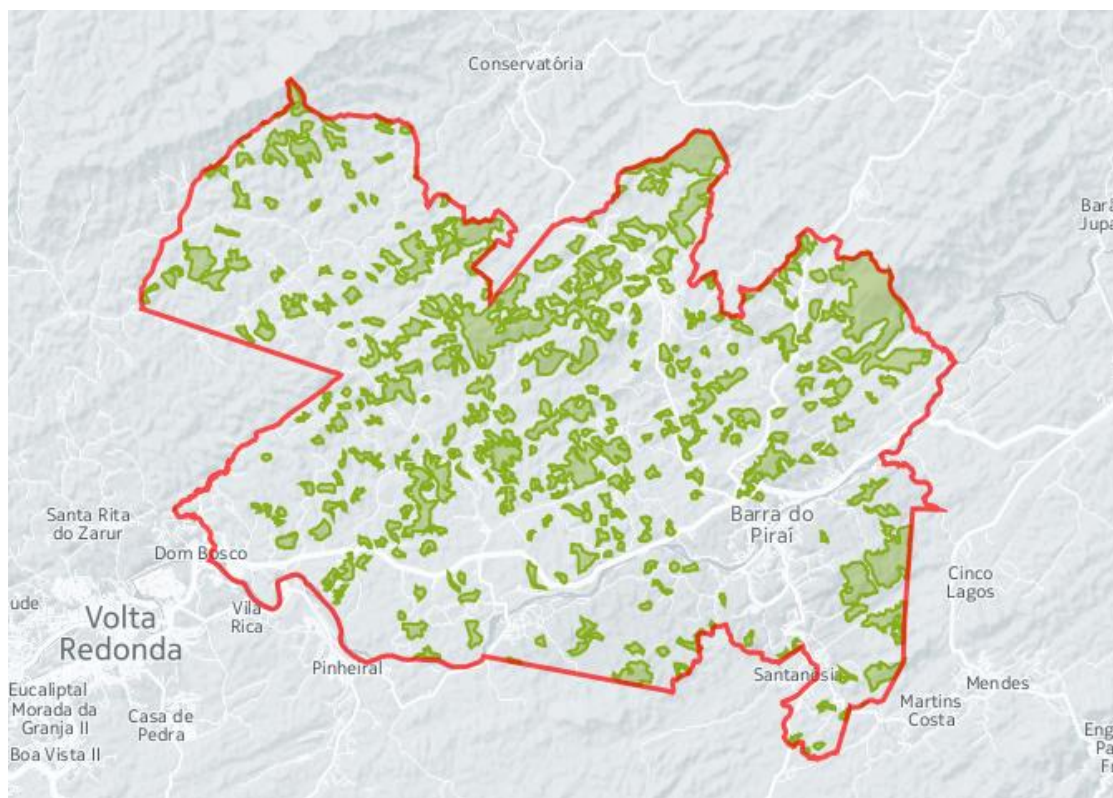


Figura 8: Fragmentos Florestais em Barra do Pirai. Os fragmentos florestais estão ilustrados na cor verde, a área em cinza é considerada pasto ou urbanização e a linha vermelha é o limite do município. Fonte: SOS Mata Atlântica, 2014.

O Ministério do Meio Ambiente estabeleceu que o mapa do IBGE previsto no Art. 2º da Lei nº 11.428 “contempla a configuração original das seguintes formações florestais nativas e ecossistemas associados: Floresta

Ombrófila Densa; Floresta Ombrófila Mista, também denominada de Mata de Araucárias; Floresta Ombrófila Aberta; Floresta Estacional Semidecidual; Floresta Estacional Decidual; campos de altitude; áreas das formações pioneiras, conhecidas como manguezais, restingas, campos salinos e áreas aluviais; refúgios vegetacionais; áreas de tensão ecológica; brejos interioranos e encaves florestais, representados por disjunções de Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual; áreas de estepe, savana e savana-estépica; e vegetação nativa das ilhas costeiras e oceânicas”.

Crítérios de mapeamento foram criados pela SOS Mata Atlântica para a elaboração do Atlas da Mata Atlântica, como a área mínima de mapeamento, assumindo a visualização em tela na escala 1:50.000, foi definida como de 3 hectares, tanto para as áreas alteradas (desflorestamentos) como para os fragmentos florestais delimitados.

Podemos observar os maiores fragmentos florestais na porção norte e nordeste do município, em área pertencente à Serra da Concórdia, já na porção central e mais próxima ao leito do Rio Paraíba do Sul, a quantidade de fragmentos florestais é bem menor, por ser tratar da área mais urbanizada e local se concentram a maior parte do comércio e serviços da cidade.

**Tabela 1: Porcentagem de áreas verdes em Barra do Piraí**

Área total do município:	577,06 km <sup>2</sup>
População em 2013:	94.778 habitantes
Área verde em 2014:	96,8 km <sup>2</sup> , 17 % do município

Fonte: SOS Mata Atlântica. Elaboração própria.

A derrubada de árvores não foi e não é a única responsável pela baixa presença de áreas verdes no município, posteriormente será destacado o papel da pecuária para a compactação do solo. Antes é necessário falarmos de um outro

fator relativo ao solo, e este está diretamente ligado à perda de nutrientes do solo (empobrecimento) devido à “deflorestação” e plantio do café, como descreve Dantas e Coelho Netto (1996):

As técnicas de cultivo do café revelaram-se destrutivas para os solos da região. O alinhamento vertical dos cafezais, constitui-se numa verdadeira “rampa” para o carreamento de sedimentos pelo salpico das gotas das chuvas e escoamento superficial até os fundos de vales e, conseqüentemente, a “fertilíssima” terra do Vale do Paraíba perderia rapidamente o seu horizonte orgânico, legado pela floresta nativa, o que acarretaria numa verdadeira catástrofe para a economia regional. (Dantas e Coelho Netto, 1996)

A mudança no local está diretamente associada ao ciclo do café e a mudança na cobertura e no uso da terra pela qual passou a região. O local antes dominado por vegetação tropical úmida, típica de mata atlântica, passou por grande transformação no período cafeeiro. Essa transformação gerou muitas riquezas, porém está riqueza aliada à intensidade na exploração do local são justamente um dos fatores que levaram à decadência do café na região.

A baixa produtividade do solo, originada pela devastação da mata, e o fim do tráfico negreiro acabaram por reduzir a produtividade das fazendas e levar a falência diversas fazendas de café de todo o médio Vale do Rio Paraíba do Sul. Além disso, a mudança na cobertura do solo acabou por reduzir a pluviosidade e alterar o clima local, como destaca Dantas (1995):

Introduziu um período seco de até seis meses e também a frequência de chuvas intensas, particularmente no verão”, além do rebaixamento do relevo devido a erosão e remoção do horizonte orgânico das vertentes em que se desenvolveu o plantio de café, concorrendo para o assoreamento de inúmeros córregos e rios na região (Dantas, 1995).

O mesmo problema que observamos hoje quanto à devastação, mudança no uso e cobertura do solo, e disponibilidade de água, aconteceu naquele período. Segundo Ellis (2013), a mudança no uso e cobertura do solo afeta as escalas global e regional, causando perda de biodiversidade, poluição e mudanças climáticas. E essas mudanças climáticas vão desde um aumento na temperatura à diminuição das chuvas.

O processo de mudança na cobertura do solo é normal, ele pode ocorrer sem a interferência antrópica, porém, segundo Bouchard (1997), de fato a atividade humana constitui a maior força no processo de transformação da

paisagem, embora existam situações onde o uso da terra seja cerceado pelas características físicas existentes (BOUCHARD et al., 1997).

A partir disso, entendemos que o processo de mudança de uso e cobertura das terras é conduzido por complexas interações entre fatores socioeconômicos e fisiográficos (FORMAN, 1995) e constitui um importante fator relacionado à perda de diversidade gerada pela fragmentação e degradação de habitats.

Grande parte das antigas plantações e fazendas de café foram abandonadas, dando início a um processo de regeneração e sucessão natural com a introdução de gramíneas, formação de capoeiras, capim-colonião e rabo de burro, estas duas últimas espécies exóticas invasoras. Esta formação é pobre na provisão de serviços ecossistêmicos e diversidade, estando assim longe de ser uma floresta com todos os seus estratos e níveis arbóreos.

Dantas (1995) apontou que os principais impactos decorrentes do uso intenso do solo para plantações de café e posteriormente pastagens (gramíneas), contribuíram de grande forma no regime hidrológico do local e na dinâmica geomorfológica, através da retirada de cobertura florestal e a consequente desorganização do sistema, dando origem assim a processo de erosão de encostas. É necessário destacarmos o quão expostas estão estas vertentes, visto que a única cobertura vegetal é o pasto. O constante pisoteio do gado em algumas áreas, acaba gerando um fluxo superficial preferencial, potencializando ainda mais processos erosivos e perda de áreas uteis.

Na região há um predomínio de solos pouco profundos (Argissolos Vermelho-Amarelos abrupáticos), com notável gradiente hidráulico, devido à sua textura abrupta, por conta do alto teor de argila no horizonte B. Essa diminuição expressiva da condutividade hidráulica no topo do horizonte B pode provocar hidromorfia temporária ou lençol freático suspenso e esse excesso de água no plano de cisalhamento entre esses horizontes funciona como lubrificante, favorecendo ao deslizamento (Oliveira, 2005). Dessa forma, são solos muito suscetíveis à erosão laminar, em sulcos, podendo vir a transformá-los em voçorocas (Dantas *et. al.*, 2015).



Figura 9: Fluxo Superficial  
Foto: Igor Oliveira, 2016

Atualmente observamos um grande “abandono” de diversas áreas e fazendas da região, contribuindo para o contínuo esgotamento do solo, visto que os fatores hidrogeomorfológicos continuam atuando no local, esgotando e erodindo aquele solo. E devido à falta de nutrientes no solo, como citado anteriormente, a regeneração natural é comprometida e uma restauração florestal com o auxílio antrópico se torna muito necessária em boa parte dos casos, visto que muitas áreas estão longe de remanescentes florestais.

Observamos nos últimos três anos uma grande discussão com relação a escassez de água enfrentada no sudeste brasileiro e segundo especialistas, um dos motivos desta seca, além da má gestão dos recursos hídricos, é a falta de vegetação nativa na área do vale do Rio Paraíba do Sul. De acordo com Malu Ribeiro, coordenadora do Rede das Águas, programa de mobilização e monitoramento da qualidade da água da SOS Mata Atlântica, “a atual crise hídrica está relacionada com o descaso com os recursos florestais”. E esta conduta de descaso com os recursos florestais e principalmente com a Mata Atlântica pode

ser retratada com o Novo Código Florestal no qual a extensão descrita em lei das matas ciliares – essenciais para a proteção dos recursos hídricos – foi reduzida. Este problema pode ser diminuído caso haja um amplo programa de restauração florestal, mas os altos custos são um dos entraves para um plano sólido e abrangente que contemple não apenas a vegetação é necessária a inclusão dos corpos hídricos e estudos relativos aos processos erosivos.

## 6.

### **Contexto geral de evolução da paisagem Geológica e Geomorfológica**

Este capítulo tem como objetivo abordar contexto geral de evolução da paisagem da área de estudo, tomando como foco principal as relações entre os aspectos geológicos e geomorfológicos. O contexto geomorfológico da área também foi abordado com o objetivo de caracterizar a paisagem geomorfológica da área de estudo a partir da perspectiva dos processos regulados pelos condicionantes litoestruturais na evolução do relevo.

#### 6.1.

### **Contexto geológico da Província Mantiqueira e Faixa Móvel Ribeira**

A área de estudo deste trabalho está inserida geologicamente na Província Mantiqueira (ALMEIDA *et al.*, (1981), a qual se estende desde às bordas orientais dos crátons Rio de La Plata e São Francisco e cobre cerca de 700.000 Km<sup>2</sup> no sul e sudeste do Brasil, paralelamente à costa.

Segundo Heilbron *et al.* (2004), a Província Mantiqueira representa um sistema orogênico Neoproterozoico que se distribui do sul da Bahia até o Rio Grande do Sul, abrangendo os orógenos Araçuaí, Ribeira, Brasília Meridional, Dom Feliciano e São Gabriel (figura 10). A evolução geológica da Província Mantiqueira ocorreu durante a orogenia neoproterozóica Brasileiro-Pan Africana, resultando no desaparecimento diacrônico dos oceanos Goianides e Adamastor e na amalgamação do Paleocontinente Gondwana Ocidental.

Heilbron *et al.* (2004) destacou que o processo de subducção sofrido pelo continente, gerou suítes de arcos magmáticos, sucedido por colisões arco-continente e continente-continente.



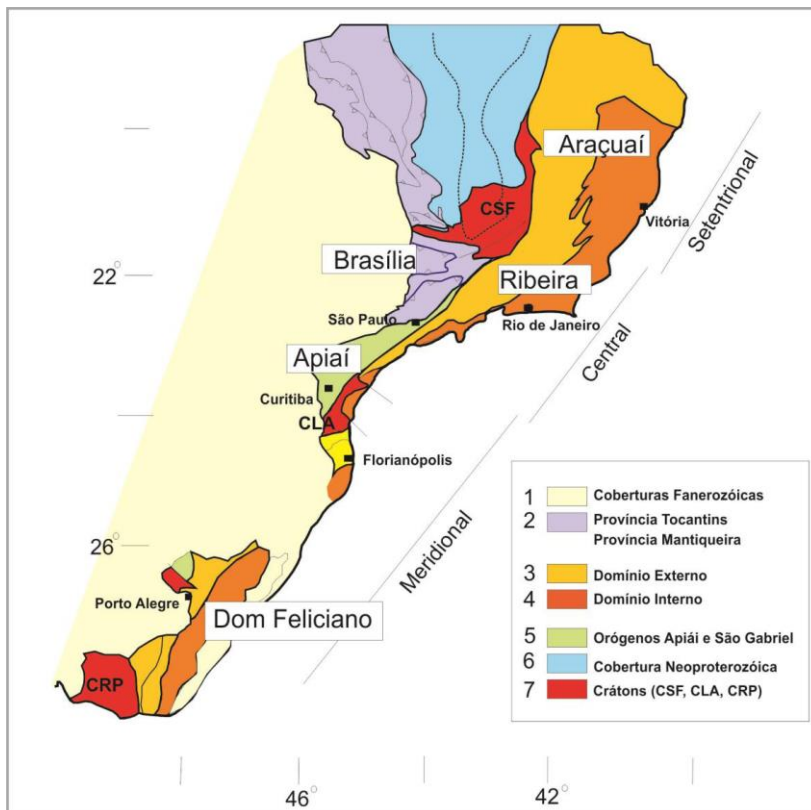


Figura 10: Subdivisão do Sistema Orogênico Mantiqueira (Extraído de HEILBRON et al., 2015).  
 Legenda: CSF - Cráton do São Francisco, CLA – Cráton Luis Alves e CRP - Rio de La Plata.

A Faixa Móvel Ribeira segundo Heilbron (2008) representa a raiz de um orógeno colisional que se desenvolveu durante o Ciclo Brasileiro, na margem do Cráton do São Francisco, o qual colidiu com outras placas a sudeste e também com a parte sudoeste do Craton do Congo. Isto acabou gerando um alinhamento estrutural de direção NE-SW. Segundo a CPRM (2007):

Esta etapa de colisão continental (ca. 580 Ma) resultou no empilhamento de terrenos de leste para oeste-noroeste. Como a colisão entre estes terrenos foi oblíqua, a deformação principal exibe clara partição entre zonas com predomínio de encurtamento frontal e zonas com componente transpressivo destrai. Assim, os limites entre os compartimentos tectônicos são representados por empurrões com mergulhos mais íngremes ( $> 30^\circ$ ), ou por zonas de cisalhamento oblíquas. (CPRM, 2007)

A partir disso, destacamos que a Faixa Móvel Ribeira (Cordani et al. 1973; Almeida et al. 1973) compreende um complexo cinturão de dobramentos e empurrões gerado no Neoproterozóico/Cambriano, durante a Orogênese Brasileira (Barbosa 1966, Almeida 1969, 1977). Este complexo cinturão de dobramentos e empurrões influenciou diretamente na geomorfologia encontrada na região nos dias de hoje, com seus “mares de morros” (AB’SABER, 2003).



Howeel (1989) subdividiu a área da Faixa Móvel Ribeira em cinco terrenos tectono-estratigráficos separado por zonas de cisalhamento ou falhas, denominados: Ocidental, Paraíba do Sul, Embú, Oriental e Cabo Frio. Os quatro primeiros foram amalgamados há cerca de 580 Ma, enquanto que o Terreno Cabo Frio só colidiu contra os demais em 520 Ma (CPRM, 2007).

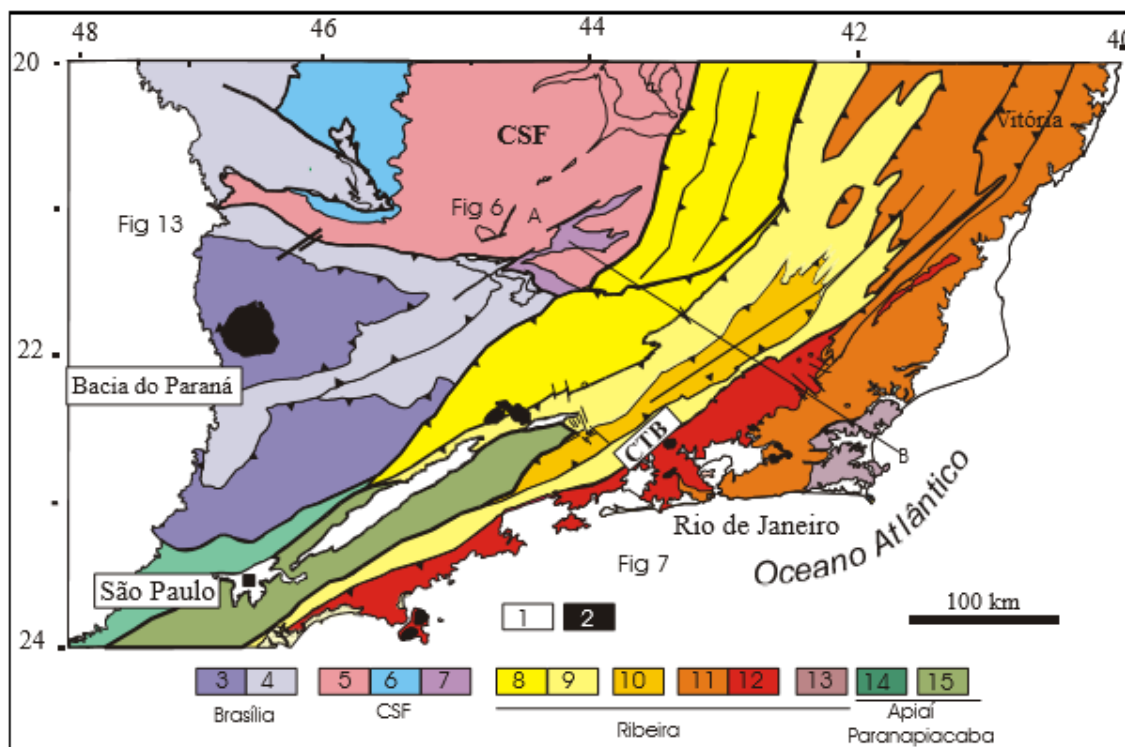


Figura 11: Mapa tectônico do Segmento central do Sistema Orogênico Mantiqueira

Legenda. 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/Paranapiacaba (14-15): 14- Terrenos São Roque e Açungui; 15- Terreno Embu. Fonte: CPRM,2007

A área de estudo deste trabalho está inserida no Klippe Paraíba do Sul, o qual foi descrito por Ebert (1955) como o local de afloramento de metassedimentos. Esta região já passou por algumas diferentes denominações, tais como: Grupo Paraíba (Ebert, 1968) e no mesmo período, Rosier (1965) utilizou a denominação de Série Paraíba-Desengano (Rosier, 1965) para as unidades metassedimentares do estado do Rio de Janeiro (Figura 11). Nas décadas de 70 e 80, diversos termos foram aplicados, como por exemplo: Associação Paraíba do

Sul (Brandalise et al., 1976), Grupo Paraíba do Sul (Oliveira et al. 1978) e Complexo Paraíba do Sul. (CPRM, 2007).

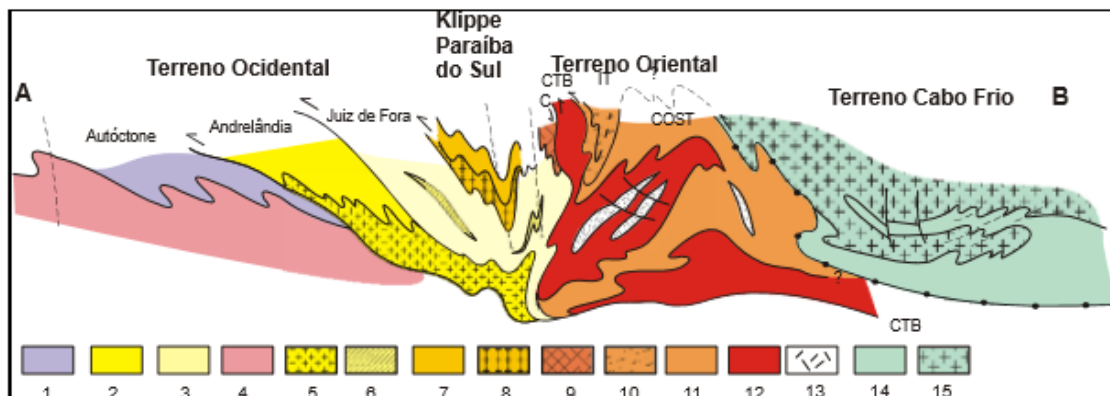


Figura 12: Seção estrutural composta do Orógeno Ribeira com a relação entre os diferentes terrenos e domínios estruturais

Legenda: Terreno Ocidental (1-6): 1 a 3- Megassequência Andrelândia nos domínios Autóctone, Andrelândia e Juiz de Fora, Terreno Ocidental; 4 a 6- Associações do embasamento (Complexos Barbacena, Mantiqueira e Juiz de Fora); Terreno Paraíba do Sul (7-8): 7- Grupo Paraíba do Sul; 8- Complexo Quirino; Terreno Oriental (9-13): 9- Sequência Cambuci; 10- Sequência Itálva; 11- Sequência Costeiro; 12- arco magmático Rio Negro; 13- Granitos colisionais; 14- Sequências Búzios e Palmital; 15- Complexo Região dos Lagos. Fonte: CPRM, 2007.

Valladares (1996) e Machado *et al.* (1996) indicaram que a sequência ortoderivada possui idade paleoproterozóica e, portanto, representaria o embasamento do conjunto metassedimentar. A partir daí os ortognaisses foram denominados de Complexo Quirino e o termo Paraíba do Sul passou a se restringir ao conjunto paraderivado (Heilbron et al., 1991, 1993; Almeida et al., 1993).

O Grupo Paraíba do Sul é composto por uma cobertura metassedimentar do Terreno Paraíba do Paraíba do Sul. Segundo Almeida (et al., 1993), as unidades litológicas descritas para este Grupo incluem litotipos metamorfizados na facies anfibolito superior e é composto em sua maior parte por biotita gnaisses bandados, cujo bandamento composicional e migmatítico (milimétrico a centimétrico) é dado pela alternância de níveis máficos ricos em biotita e níveis quartzofeldspáticos, segundo CPRM (2007).

## 6.2.

### **Quebra do Gondwana/ abertura do oceano Atlântico, surgimento de diques e a de Transtensão**

A Faixa Móvel Ribeira passou por um longo período de estabilidade. Este período foi interrompido pela tectônica rúptil-extensional com deformações que acabaram originando a quebra do Gondwana e a consequente abertura do oceano Atlântico.

A quebra do Gondwana originou um intenso processo de magmatismo com a ocorrência de diques, como descreve Peate (1987), Turner *et al.* (1994), Stewart *et al.* (1996) *in* Heilbron *et al.* (2015), “o processo de desestabilização e quebra do Gondwana foi marcado por intenso magmatismo caracterizado por enxames de diques distribuídos em diferentes áreas do sul e sudeste brasileiro, além de extensos derrames basálticos responsáveis pela formação da Província Magmática Paraná-Etendeka”. A presença destes diques pode ser observada em diversos locais do Rio de Janeiro, inclusive na área de estudo como será apresentado posteriormente neste trabalho.

Na região de Resende e Volta Redonda, incluindo Barra do Piraí, existem zonas de falhas que seguem em direção ao mar. Valeriano & Heilbron (1993) chamaram esta zona de Zona de Transtensão de Volta Redonda pelo fato de apresentar falhas de natureza transtensiva com direção NNW-SSE e NW-SE (11), estando marcadas por brechas e zonas de silicificação e, principalmente, pelos deslocamentos laterais das estruturas pré-cambrianas. O traçado do rio Paraíba do Sul reflete a mudança na direção destes falhamentos, os quais variam da direção NE e passa a seguir escalonado no segmento NW.

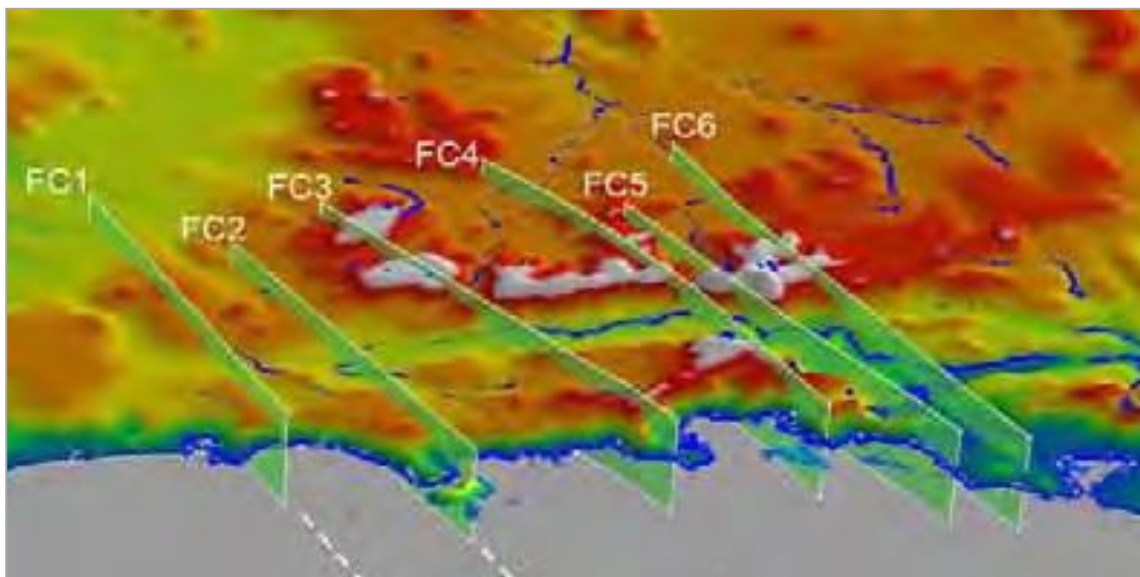


Figura 13: Falhas Transcorrentes

Integração em ambiente tridimensional das principais descontinuidades do continente com as falhas de transferência identificadas. Descontinuidade entre a região de Volta Redonda e Barra do Piraí coincide com a Zona de Transtensão de Volta Redonda (Valeriano & Heilbron, 1993) representada por falhas transcorrentes destrais que deslocam lateralmente as estruturas pré-cambrianas de direção NE (Souza, 2008).

### 6.3.

#### Rift Continental do Sudeste do Brasil

Outro importante conceito geológico, de escala macro, determinante para a área de estudo é o Rift Continental do Sudeste do Brasil, o qual segundo Riccomini (1989) se caracteriza por uma feição alongada e deprimida, seguindo a linha da costa a uma distância média de 70 km e alcançando o oceano atlântico na sua terminação nordeste.

O Rift Continental do Sudeste do Brasil tem relação direta a trechos da Faixa Móvel Ribeira, os quais segundo Hasui (1979) passaram por soerguimentos a partir do Jurássico (200 a 155 milhões de anos atrás, momento da abertura do Oceano Atlântico), permitindo o desenvolvimento de campos de diques de diabásio, intrusões de corpos alcalinos no Cretáceo Inferior e Cretáceo Superior (Terciário), a implantação de bacias tafrogênicas no Terciário-Pleistoceno (como a Bacia de Resende) e a morfogênese costeira.

Segundo Zalán e Oliveira (2005), o Sistema de Rifts Continentais do Sudeste Brasileiro está disposto em uma sucessão de horsts e grábens representados,

respectivamente, por alinhamentos de serras tectônicas e vales/planícies escalonados, assimétricos, com bordas falhadas e flexurais, com zonas de acomodação e falhas de transferência segmentando-o em grábens menores. A origem dos riftes se deu com os eventos tectono-magmáticos, os quais resultaram em deformação rúptil e consequente compartimentação do Sistema de Rifts Continentais do Sudeste Brasileiro em quatro riftes: Paraíba do Sul; Litorâneo; Ribeira; e Marítimo (figura 12).

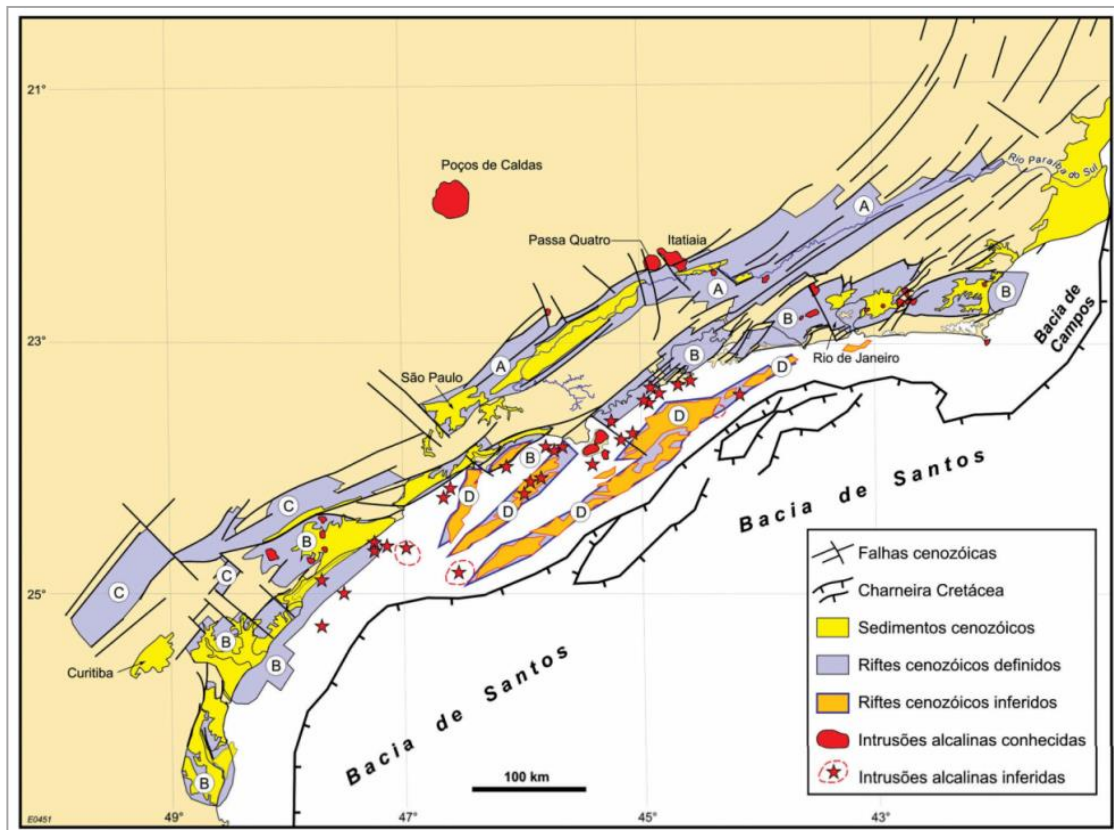


Figura 14: Sistema de Rifts Continentais do Sudeste Brasileiro. (Extraído de ZALÁN E OLIVEIRA, 2005).

No mapa representado na figura 14 podemos observar a distribuição dos quatro riftes do SRCBSB: (A) Paraíba do Sul, (B) Litorâneo, (C) Ribeira e (D) Marítimo; de suas falhas limitantes, preenchimentos sedimentares, intrusões/lavas alcalinas, charneira cretácea das bacias de Santos/Campos e o Rio Paraíba do Sul. A área de estudo está inserida no rifte Paraíba do Sul.

A formação do Rift Continental do Sudeste do Brasil também é relacionada a esforços extensionais NNW-SSE, impostos pelo basculamento termomecânico verificado na Bacia de Santos, reativando antigas zonas de cisalhamento brasileiras (Riccomini, 1989).

A quebra do continente Gondwana acabou por originar e modificar fortemente o relevo na atual região sudeste do Brasil e para a ocorrência dessas mudanças e alterações do relevo, uma das principais consequências da quebra do Gondwana foi o rebaixamento do nível de base para o nível de base recém-formado do Oceano Atlântico.

#### 6.4.

##### **Knickpoints/ nível de base**

Powell (1875) introduziu este conceito, nível de base (knickpoints), a partir da idéia da existência de um ponto máximo do potencial de transporte de um rio, interrompendo a erosão. Devemos destacar que segundo o mesmo autor, o nível do mar é o nível de base geral, isto é, seria o nível máximo de erosão possível para um rio. De forma geral, os níveis de base, ou knickpoints, são afloramentos rochosos que suportam grande carga fluvial, seja de sedimentos, como de água.

Podemos considerar o nível do mar como um grande nível de base, abaixo do qual a terra firme não pode ser erodida; mas podemos ter também, para propósitos locais e temporários, outros níveis de base de erosão, que são os níveis dos leitos dos rios principais que carregam os produtos da erosão. (Powell, 1875, p. 203-204)

Christofolletti (1977), destacou e explicou as três diferentes categorias de níveis de base descritas por Davis (1902) e outros autores: nível de base local; nível de base temporário; e nível de base geral.

- Nível de base local é a superfície limite para a erosão, nivelada a partir de elementos situados no interior de áreas continentais, podendo ser representado por um lago ou pela confluência entre a posição da foz e o rio principal.
- Nível de base temporário corresponde a superfície limite pressuposta para a erosão, nivelada em função de um elemento de duração relativamente efêmera, como o afloramento de rochas resistentes nos cursos de água.
- O nível de base geral é a superfície plana formada pelo prolongamento do nível do mar sob as terras continentais, pode ser



também considerado como “superfície imaginária”. Segundo Malott (1928), essa superfície também é designada como nível de base último.



Figura 15: Nível de base local da área de estudo, Rio Paraíba do Sul.  
Foto: Igor Oliveira, 2016.

Na figura 15, o nível de base local é o Rio Paraíba do Sul (no centro da foto). A foto foi tirada de um pequeno morro com altura em torno de cinquenta metros acima do nível de base local.

O rebaixamento do nível de base na região sudeste do Brasil gerou uma grande mudança das dinâmicas erosivas, a partir deste novo nível de base do Oceano Atlântico, o qual representou uma nova condição para as drenagens continentais, as quais criaram uma nova direção e um reajuste de suas drenagens já consolidadas. É de fundamental importância para este trabalho o destaque para as capturas fluviais ocorridas a partir do rebaixamento do nível de base. Segundo Paixão (2015), sobre a dinâmica de capturas, estudos como o de CHEREM et al. (2012), Oliveira (2003), Ab'Saber (1957), dentre outros demonstram o avanço do sistema de drenagem do Rio Paraíba do Sul em detrimento das bacias adjacentes, como a do Rio Paraná, Rio São Francisco e Rio Doce.

E esta dinâmica erosiva do Rio Paraíba do Sul, a partir de seu rebaixamento do nível de base e a captura de bacias adjacentes, é um dos principais motivos para a grande ocorrência de processos erosivos incisivos (voçorocas) na área de estudo, as quais expandem as redes de drenagem e “buscam” pelo ajuste do nível de base local a partir dessa nova dinâmica criada pelo surgimento deste pulso erosivo do atlântico, o qual potencializou o surgimento de voçorocas e seus ajustes de nível de base.

## 6.5.

### **Contexto geomorfológico do médio vale do Rio Paraíba do Sul e da área de estudo**

A paisagem geomorfológica apresentada e observada atualmente sofreu diversas mudanças através da interação entre fatores evolutivos, geológicos e climáticos, os quais se apresentaram em uma grande dinâmica de interação entre estes atores junto ao espaço e ao tempo.

Para a elaboração de um estudo com dados primários sobre compartimentação geomorfológica, os autores utilizam imagens de satélite e mapeamentos geológicos. No presente trabalho utilizaremos dados referentes à subdivisão proposta por Dantas (2010), a fim de caracterizar a compartimentação da região referente à área de estudo.

O autor definiu duas unidades morfoestruturais; a primeira é o Cinturão Orogênico Atlântico, com predomínio de rochas metamórficas e ígneas pré-cambrianas que compõem a Faixa Móvel Ribeira e; a segunda unidade morfoestrutural foi denominada Bacias sedimentares Cenozoicas e é caracterizada pelos depósitos e rochas sedimentares do Cenozoico.

As unidades morfoesculturais foram subdivididas em unidades geomorfológicas, por conta da presença de variações morfológicas internas próprias de cada unidade ou por sua localização geográfica, como pode ser visto no quadro 2.

A metodologia empregada pelo autor avaliou cada sistema de relevo quanto às suas propriedades morfológicas e morfométricas, conferindo um caráter quantitativo ao mapeamento, permitindo avaliar as principais diferenciações entre



os sistemas de relevos especializados pelas unidades morfoesculturais ao longo do estado.

Quadro 2: Unidades Morfoestruturais e Morfoesculturais

UNIDADES MORFOESTRUTURAIS	
1. Cinturão Orogênico do Atlântico	2. Bacias Sedimentares Cenozóicas
UNIDADES MORFOESCULTURAIS	
1.1 Maciços Costeiros e Interiores 1.2 Maciços Alcalinos Intrusivos 1.3 Superfícies Aplainadas nas Baixadas Litorâneas 1.4 Escarpas Serranas 1.5 Planaltos Residuais 1.6 Depressões Interplanáticas 1.7 Depressões Interplanáticas com Alinhamentos Serranos Escalonados	2.1 Tabuleiros de Bacias Sedimentares 2.2 Planícies Fluvioamarinhas (Baixadas) 2.3 Planícies Costeiras
UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	
1.1.1 Maciço da Juatinga 1.1.2 Ilha Grande 1.1.3 Ilhas da Marambaia, Jaguanum e Itacuruçá 1.1.4 Maciço da Pedra Branca 1.1.5 Maciço da Tijuca 1.1.6 Maciços da Região dos Lagos 1.1.7 Maciços de Macaé 1.1.8 Maciço de Itaoca 1.1.9 Maciços de Morro do Coco 1.1.10 Maciço de Bom Jesus de Itabapoana 1.1.11 Maciço de Suruí 1.1.12 Maciços de Conceição de Macabu	2.1.1 Bacia de Resende 2.1.2 Bacia de Volta Redonda 2.1.3 Bacia de Macacu 2.1.4 Tabuleiros de Quissamã 2.1.5 Tabuleiros de São Francisco de Itabapoana
1.2.1 Maciço do Itatiaia 1.2.2 Morro Redondo 1.2.3 Maciço do Tinguá 1.2.4 Maciço do Mendanha 1.2.5 Maciço de Itaúna 1.2.6 Maciços de Tanguá-Rio Bonito 1.2.7 Morro de São João 1.2.8 Ilha de Cabo Frio	2.2.1 Baixadas da Baía da Ilha Grande 2.2.2 Baixadas das Baías de Guanabara e Sepetiba 2.2.3 Baixada de Jacarepaguá 2.2.5 Baixada do Rio São João 2.2.6 Baixada do Rio Macaé 2.2.7 Baixada do Rio Macabu 2.2.8 Baixada do Rio Imbé 2.2.9 Baixada Campista 2.2.10 Baixada do Rio Itabapoana

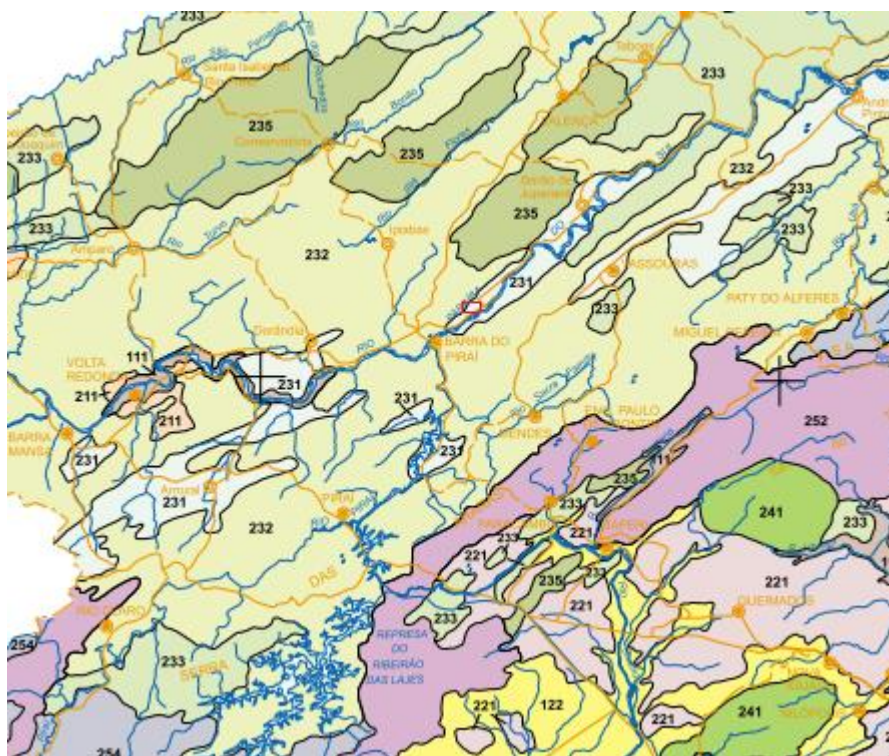
1.3.1 Superfície Aplainada da Região dos Lagos 1.3.2 Superfície Aplainada do Litoral Leste Fluminense	2.3.1 Feixes de Cordões Arenosos de Jurubatiba 2.3.2 Feixes de Cordões Arenosos do Rio Paraíba do Sul
1.4.1 Escarpa da Serra da Mantiqueira 1.4.2 Escarpas das Serras da Bocaina, Mangaratiba e Mazomba 1.4.3 Escarpas das Serras das Araras e Paracambi 1.4.4 Escarpas das Serras do Couto e dos Órgãos 1.4.5 Espigão das Serras de Santana e Botija 1.4.6 Escarpas das Serras de Macaé, Macabu e Imbé 1.4.7 Escarpa Reversa da Serra do Desengano 1.4.8 Escarpa do Planalto de Varre-Sai 1.4.9 Escarpa Reversa do Planalto da Região Serrana	
1.5.1 Planalto da Bocaina 1.5.2 Planalto Reverso da Região Serrana 1.5.3 Planalto de Varre-Sai	
<b>1.6.1 Depressão Interplanáltica do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul</b> 1.6.2 Depressão Interplanáltica do Vale do Rio Negro 1.6.3 Depressão Interplanáltica do Vale do Rio Pombo	
1.7.1 Depressão Interplanáltica com Alinhamentos Serranos do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul 1.7.2 Depressão Interplanáltica com Alinhamentos Serranos do Norte-Noroeste Fluminense	

Produzido por: Dantas (2010)

A unidade morfoescultural correspondente à área de estudo é denominada como Unidade Morfoescultural Depressões Interplanálticas, a qual é caracterizada por terrenos colinosos com baixa a média amplitude de relevo, ocorrendo entre as zonas planálticas ou alinhamentos de serra. Esta unidade tem como origem o rebaixamento tectônico causado pela abertura do oceano Atlântico e pelo soerguimento de cadeias montanhosas das Serras do Mar e da Mantiqueira ao longo do final do Cretáceo e o Terciário (Almeida, 1976; Asmus & Ferrari, 1978 in Dantas, 2010).

De acordo com o mapeamento geomorfológico do estado do Rio de Janeiro, produzido por DANTAS (2000) junto ao CPRM, o qual realizou a

descrição das unidades geomorfológicas do estado, a unidade da área de estudo é chamada de Unidade Geomorfológica Depressão Interplanáltica do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul a qual consiste em uma extensa zona colinosa, com topografia uniforme e topos nivelados de baixa amplitude de relevo. A feição mais marcante nesta unidade é caracterizada por colinas, morrotes e morros baixos com encostas convexo-côncavas e topos arredondados típicos do domínio morfoclimático Mar de Morros (Ab'Saber, 1966).



RELEVOS DE DEGRADAÇÃO EM PLANALTOS DISSECADOS OU SUPERFÍCIES APLAINADAS

- |  |   |
|--|---|
| <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 30px; text-align: center; margin-bottom: 10px;">231</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: 30px; text-align: center;">232</div> | <p><b>Domínio Suave Colinoso.</b><br/>         Relevo de colinas muito pouco dissecadas, com vertentes convexas e topos arredondados ou alongados, com expressiva sedimentação de colúvios e alúvios. Ocorrência subordinada de morrotes alinhados.<br/>         Densidade de drenagem baixa a média com padrão de drenagem variável, de dendrítico a treliça ou retangular.<br/>         Predomínio de amplitudes topográficas inferiores a 50m e gradientes muito suaves.</p> <p><b>Domínio Colinoso (zona típica do domínio de "mar de morros").</b><br/>         Relevo de colinas pouco dissecadas, com vertentes convexo-côncavas e topos arredondados ou alongados, com sedimentação de colúvios e alúvios. Ocorrência subordinada de morrotes alinhados e morros baixos.<br/>         Densidade de drenagem média com padrão de drenagem variável, de dendrítico a treliça ou retangular.<br/>         Predomínio de amplitudes topográficas inferiores a 100m e gradientes suaves.</p> |
|--|---|

Figura 16: Mapa Geomorfológico do Estado do Rio de Janeiro  
 Fonte: Dantas (2000).

Pode ser observado amplo predomínio de colinas, morrotes e morros baixos, num típico relevo de mar-de-morros. Este perfil é observado desde a margem esquerda do rio Paraíba do Sul, a sul, até o primeiro contraforte da Mantiqueira, demarcado por um peculiar degrau litoestrutural denominado de serra de Santa Teresa, a norte, segundo Dantas *et. al.* (2015). Este degrau é

caracterizado por um relevo de curtas escarpas e morros altos. Do mesmo modo, as cotas altimétricas variam, de sul para norte de 350 para 820 metros de altitude.

A área de estudo está em um sistema de relevo de degradação em planaltos dissecados ou superfícies aplainadas, chamado de Domínio Colinoso. Segundo Dantas (2010), este relevo é composto por colinas pouco dissecadas, com vertentes convexo-côncavas e topos arredondados ou alongados, com sedimentação de colúvios e alúvios. Ocorrência subordinada de morrotes alinhados e morros baixos.

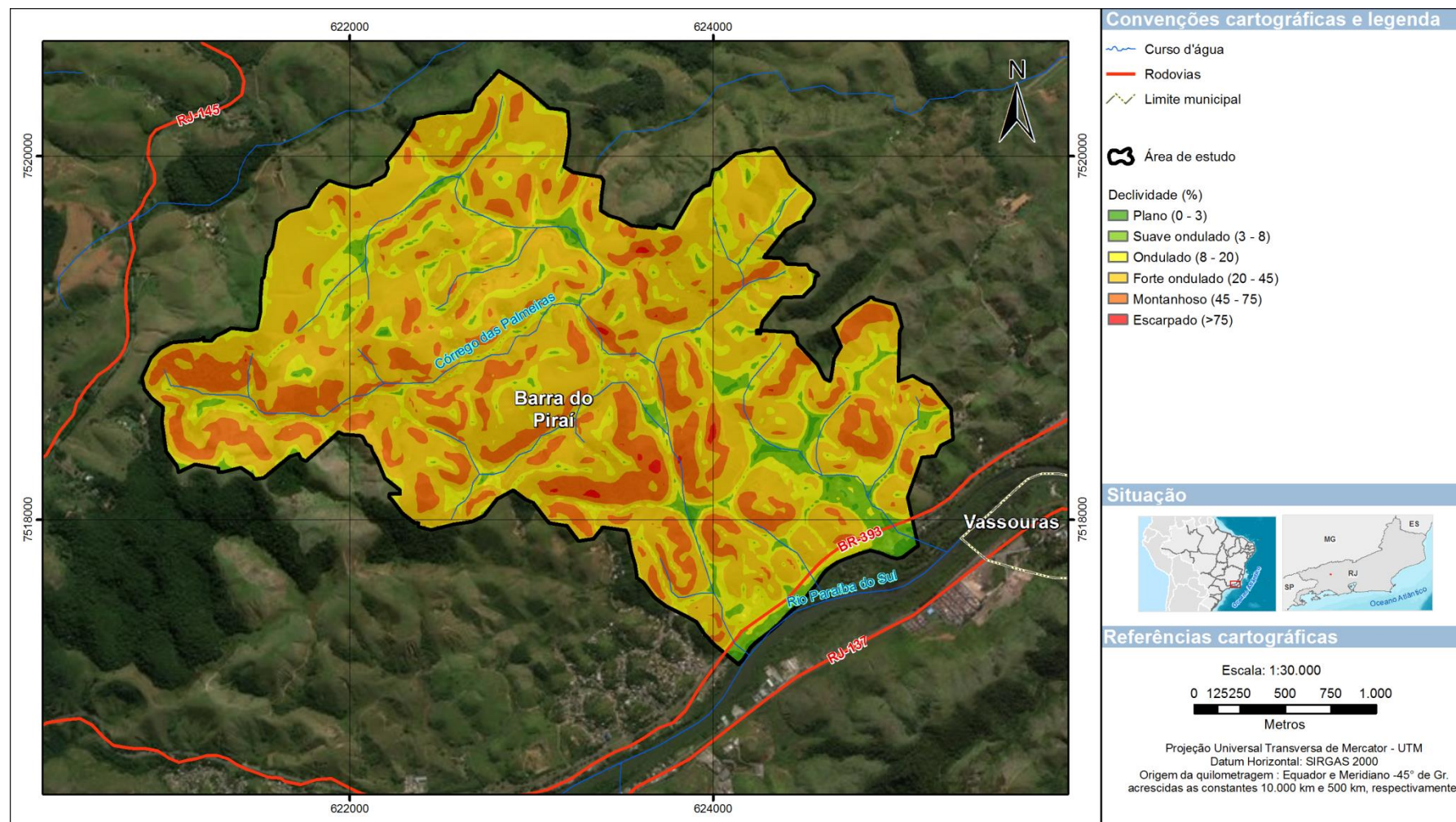


Figura 17: Mapa de declividade da área de estudo.



A partir do mapa de declividade elaborado, podemos observar o que foi descrito nos parágrafos anteriores. Próximo à calha do rio Paraíba do Sul observamos um perfil suave-ondulado e quanto mais afastado do rio é maior declividade e amplitude de relevo.

Destacamos a inserção da área de estudo em um local de grande predomínio de relevo forte-ondulado, os quais segundo a metodologia adotada (EMBRAPA) possui uma declividade de 20° a 45°. Este grau de declividade pode favorecer a ocorrência de fluxos superficiais, visto que há uma grande ausência de cobertura vegetal na área, até mesmo de gramíneas, as quais em alguns locais da área de estudo não ocorrem mais devido principalmente ao pisoteio do gado.

Observamos que na área de estudo existem locais onde a declividade é de 0% a 3%, sendo considerado como um relevo plano, dessa forma, praticamente não há energia suficiente para que sedimentos sejam levados, ao contrário, este é um local caracterizado como um depósito de sedimentos carregados por eventos pluviométricos e processos erosivos incisivos.

Na área bem próxima ao rio Paraíba do Sul observamos um relevo plano, podemos considerar que aquela área bem próxima ao rio é uma planície aluvial. Por suas características morfológicas, relevo plano, temos a construção de estradas e edificações bem intensa naquele local.

O relevo colinoso observado na região do médio vale do rio Paraíba do Sul foi inicialmente subdividido por Hasui et al. (1982) que aponta dois domínios: Morros Cristalinos, esculpidos sobre rochas metamórficas pré-cambrianas, configurando a clássica morfologia de “mares de morros” (figura 18) do Planalto Sudeste do Brasil (Ab’Saber, 1970), e colinas sedimentares de topos planos, esculpidas nos sedimentos terciários das bacias de Resende e de Volta Redonda. O domínio dos Morros Cristalinos é formado por rochas metamórficas do Grupo Açungui, em conjuntos de morros alongados com algumas serras alongadas de direção E - NE, alcançando de 200 a 350 metros acima do nível de base local que é o Rio Paraíba do Sul.

Mesmo com as baixas amplitudes de relevo essa unidade apresenta um alto potencial de vulnerabilidade a eventos de erosão e movimentos de massa. Destacamos obviamente o grande número de voçorocamentos que atingem

determinadas áreas do médio vale do rio Paraíba do Sul, principalmente uma faixa alinhada, de direção WSW-ENE, que compreende os municípios de Bananal (SP), Barra Mansa, Barra do Piraí, Vassouras (Barão do Juparanã), Paraíba do Sul e Três Rios. Essa faixa de maior concentração de voçorocamentos coincide, em grande parte, com a zona de cisalhamento do Lineamento Além-Paraíba. Sugere-se, assim, um efetivo controle estrutural na geração dessas feições de erosão linear acelerada que, associada à dinâmica hidrológica subsuperficial e ao uso do solo, favorece a iniciação e expansão do processo erosivo.



Figura 18: Mares de morros  
Foto: Igor Oliveira, 2016

Este complexo “mar de morros”, com as diversas colinas e suas superfícies mamelonares, pode ser facilmente percebido na área de estudo e em todo médio vale do Rio Paraíba do Sul com suas encostas com formas convexocôncavas, marcadas pela presença de concavidades estruturais suspensas ou ajustadas à rede de drenagem (Coelho Netto, 1999).

Dito isso, devemos destacar que as condicionantes litoestruturais do substrato geológico refletem um marcante controle sobre a evolução da paisagem geomorfológica no Médio Vale do rio Paraíba do Sul, ou seja, eles são uma

grande condicionante quanto à ocorrência de processos de voçorocamento naquela região, segundo Coelho Netto *et al.*, 1988; Cambra *et al.*, 1995; Rocha Leão *et al.*, 2003; Coelho Netto, 2003.

Além de processos erosivos, estes mecanismos também são condicionantes para a ocorrência de movimentos de massa, como cita Dantas *et al.* (2015), do mesmo modo que o substrato geológico exerce notável influência sobre a evolução geomorfológica a partir do desenvolvimento de mecanismos erosivos e deposicionais que esculturam a paisagem, certamente tais condicionantes também apresentam relevante importância no desencadeamento de processos de movimentos de massa.

De acordo com Heilbron *et al.* (2007), no contexto da Folha Barra do Piraí, o relevo é marcado pela alternância de alinhamentos serranos (Serrote do Rio Bonito, Charneca, Serra da Concórdia) e vales encaixados de direção NE, fortemente condicionado pelas estruturas da Faixa Ribeira e pelas unidades litológicas mais resistentes ao intemperismo e erosão (granulitos do Complexo Juiz de Fora, quartzitos da Megassequência Andrelândia e rochas granitóides). Dantas (2001) destacou a vulnerabilidade à erosão deste domínio, atestado pela presença frequente de voçorocas em uma faixa WSW-ENE.

Durante o Quaternário, processos morfogenéticos atuaram sob a área e estas marcas podem ser observadas, sobretudo, na morfologia das colinas, esculpidas por sucessivos eventos de erosão quaternários com retrabalhamento de encostas, na colmatação de fundos de vales e nas cabeceiras de drenagem em anfiteatro suspensas ou ajustadas à rede de drenagem. Este conjunto morfológico caracteriza-se como feições típicas do Planalto Sudeste do Brasil, onde se desenvolveram os “complexos de rampas” e fundos de vales com espessos pacotes sedimentares (Moura & Meis, 1986; Meis & Moura, 1984; Meis *et al.*, 1985; Coelho Netto, 1999; Eirado Silva *et al.*, 1993; Dantas *et al.*, 1994, 1995 e outros).

Desta forma, a área de estudo se enquadra nas feições características do planalto do Sudeste do Brasil, descritos anteriormente, onde segundo Moura *et al.* (1992) e Coelho Netto (2003) são comuns as cabeceiras de drenagem em anfiteatro, onde se desenvolvem os —complexos de rampa, propiciando um



intenso processo erosivo com a formação de voçorocas a partir dos canais fluviais principais e secundários em direção a antigas linhas de drenagem, acarretando seu entulhamento. Este processo tem se desdobrado em uma taxa de sedimentação e assoreamento acelerado dos canais fluviais, certamente induzida e/ou intensificada pela atividade antrópica, as quais são intensas desde o século XIX.

Parte da área de estudo é composta por depósitos sedimentares, os quais se apresentam por sistemas colúvio-aluvionares de diversas feições e que estão relacionados com a variação morfológica. As feições encontradas na área de estudo dizem respeito às planícies de inundação (figura 19), pequenos vales suspensos, rampas de colúvio, leques aluviais. Tais feições são o resultado de todo o processo de erosão, transporte e deposição dos sedimentos.



Figura 19: Feições características da área.

Foto: Tony <https://www.panoramio.com/photo/131988859> tirada em 2016

Na foto acima, tirada no Rio Pirai na altura do município de Rio Claro, podemos observar uma pequena planície aluvial a qual pode ser alagada em eventos pluviométricos de grande intensidade.

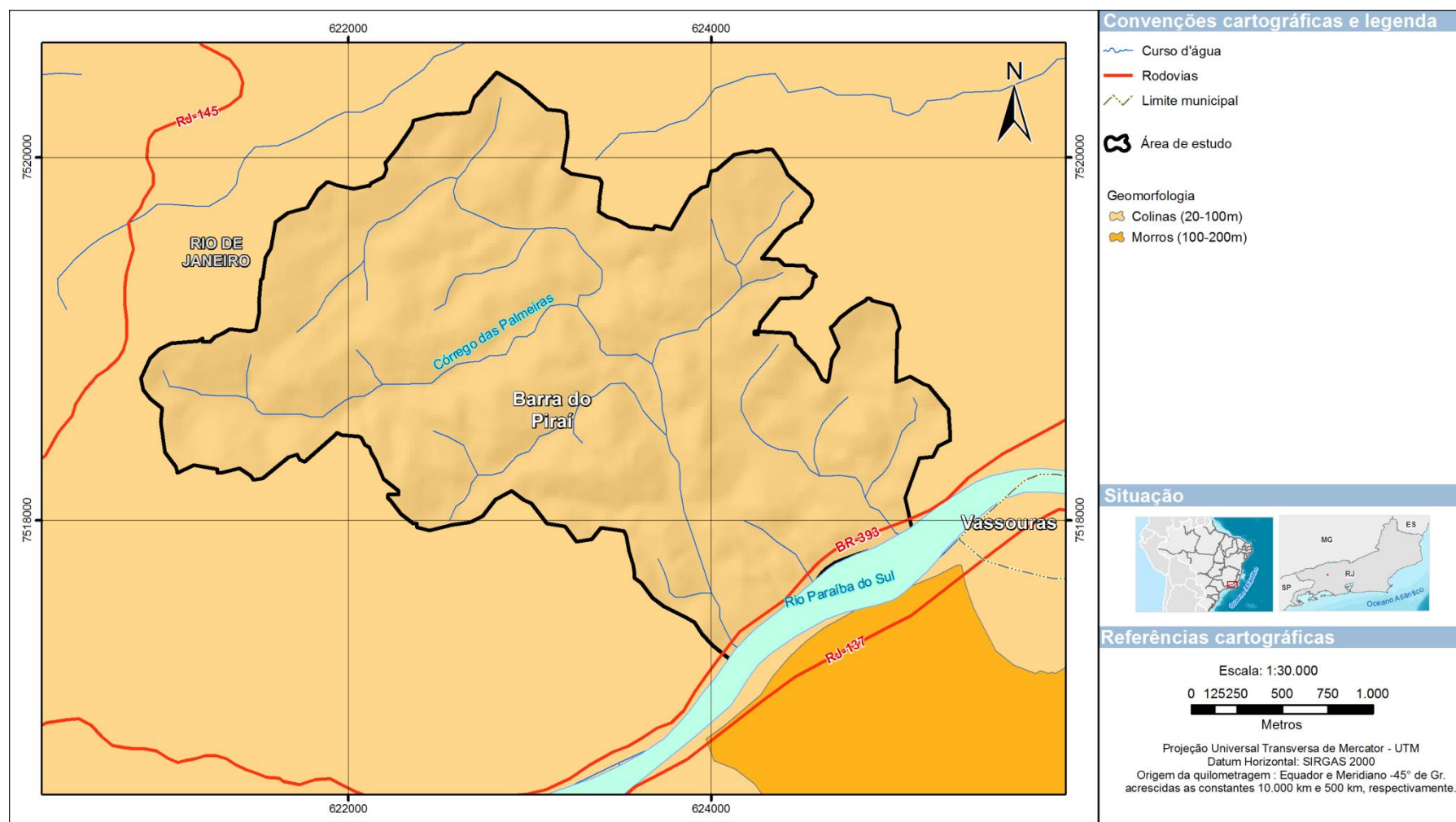


Figura 20 – Mapa Geomorfológico da área de estudo

Ao analisarmos o mapa acima, observamos que toda a área de estudo está sob um relevo de colinas, isto ocorre pela proximidade da área estudada com o Rio Paraíba do Sul. Apenas à norte da área de estudo é que pode ser encontrado um relevo muito mais destacado em relação a área de estudo apresentada no mapa. As serras isoladas fazem parte da Serra da Concórdia, este maciço abrange os municípios de Barra do Piraí e Valença.

Segundo HASUI *et al.*, 1982, a Serra da Concórdia encontra-se no setor médio da bacia do rio Paraíba do Sul e está em uma unidade litoestratigráfica que sofreu retrabalhamentos, isto é, processos tectônicos de mais de um ciclo, gerando deformações polimórficas, daí a tendência de separação em unidades litológicas, inserindo-se neste contexto os complexos à que pertence. O embasamento geológico é metamórfico e de natureza gnáissica, em parte exposta e decomposta pela ação do intemperismo.

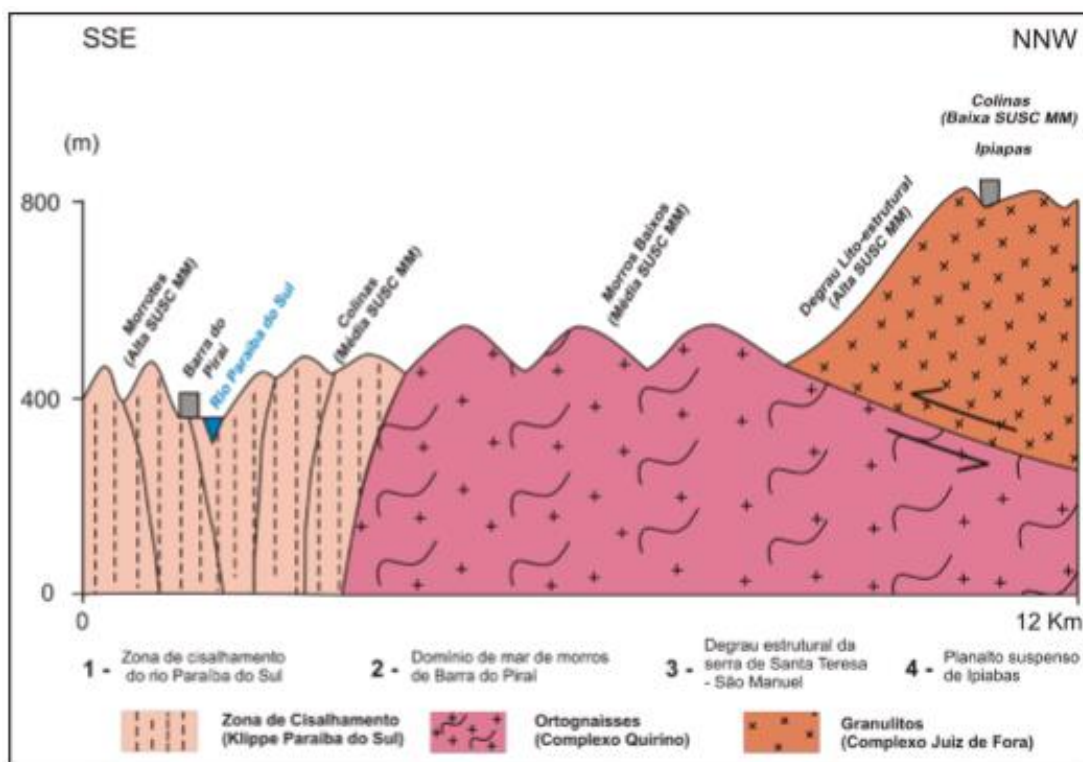


Figura 21 – Transecto e compartimentos geológico-geomorfológicos entre as localidades de Barra do Piraí e Ipiabas. Extraído de: DANTAS, 2015.

A área de estudo está inserida na Zona de cisalhamento do rio Paraíba do Sul a qual é caracterizada por ser ao longo do Rio Paraíba do Sul. Devemos ressaltar novamente a influência do substrato rochoso sobre as redes de drenagem,



as quais exibem um padrão treliça a retangular, que segundo Almeida *et. al.* 1976 trata-se do Lineamento Além-Paraíba, e forte influência também nas formas de relevo observadas na área.

Segundo Dantas *et. al.* (2015), este lineamento de direção WSW-ENE, consiste numa extensa zona de cisalhamento de importância regional que compreende uma larga faixa de aproximadamente 4 a 5 quilômetros de largura constituída de rochas miloníticas do Complexo Paraíba do Sul. Seu marcante bandamento gnáissico e milonítico e sua foliação subvertical, associado com o intenso grau de fraturamento e brechamento do substrato rochoso, confere um imenso número de planos de fraqueza que favorecem a infiltração das águas e o intemperismo químico produzindo, em geral, espessos mantos de alteração (foto 22).



Figura 22 – Afloramento de Gnaíse  
Foto: Igor Oliveira, 2015.

Na foto acima observamos gnaisses do Complexo Paraíba do Sul, os quais realizam um grande controle litoestrutural no local, de forma que se tornam

um importante controlador de processos erosivos, mesmo que não evitem a ocorrência destes processos.

Dessa forma, foi de grande interesse para este trabalho o mapeamento de afloramentos rochosos e de processos erosivos, a fim de realizar um paralelo entre a ocorrência dos processos erosivos e os fatores geológicos e geomorfológicos inerentes à área de estudo.

## 7.

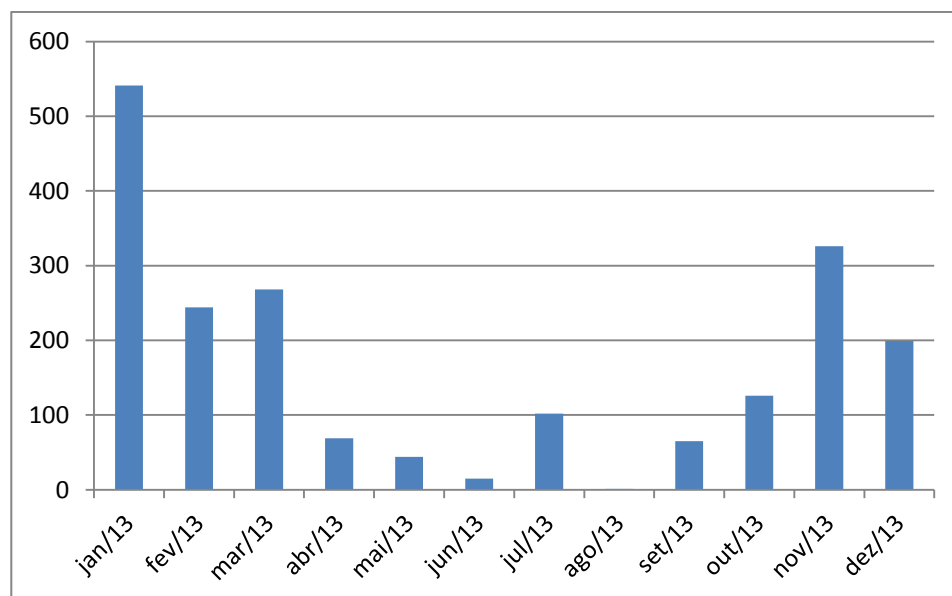
### Climatologia

Segundo dados da estação (83738) Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada no município de Resende (Latitude -22.45° e longitude -44.44), o clima na região aproxima-se do tipo climático tropical com estações bem definidas, chuva periódica e concentrada nos meses de verão (média de 265 mm no mês de janeiro) e inverno seco (média de 22 mm no mês de julho), com pluviosidade anual média de 1543 mm.

A média encontrada se refere à dados coletados à partir de 1962, com interrupções em alguns anos devido à problemas técnicos na estação. Do ano de 1962 até 2015, foram coletados dados de um ano inteiro (os doze meses) em quarenta e três anos.

O mês de julho, de acordo com o histórico da estação meteorológica e também das características referentes ao clima tropical úmido, é um dos mais secos no ano. Nesta estação temos pluviosidade média de 22 mm, porém a pluviosidade atingiu os 102 mm no mês de julho de 2013, como pode ser observado no gráfico abaixo.

Gráfico 1 – Pluviosidade na estação de Resende no ano de 2013



Fonte: INMET (2016). Elaboração própria.

A alta pluviosidade deste mês contribuiu para que o ano tenha sido um dos que mais choveu nos quarenta e três anos analisados. O total de chuva atingiu os 2000 mm, ultrapassando a marca de 1543 mm médios anuais. Outro destaque foi o mês de janeiro, o qual choveu 541 mm, ultrapassando em muito a média histórica de janeiro (2605) que já é alta. A alta pluviosidade deste mês contribuiu para diversos processos erosivos, como os deslizamentos, em toda a região do Vale do Paraíba (<http://www.resende.rj.gov.br/coordenadoria-de-defesa-civil/noticia/chuva-causa-transtornos-em-resende-com-alagamentos-e-deslizamento-de-encostas> e <http://www.ovale.com.br/nossa-regi-o/chuva-provoca-problemas-em-17-cidades-do-vale-do-paraiba-1.368188>).

A alta concentração de chuva nos meses de verão contribui diretamente para todo o processo de transporte de sedimentos, ocasionando diversos processos erosivos na área de estudo. Outro fator importante é a falta de cobertura e a baixa permeabilidade do solo, contribuindo ainda mais para o surgimento e crescimento de voçorocas e demais processos erosivos.

## 8.

### Dados obtidos em campo

Um dos primeiros autores a descrever as formas de relevo sistematicamente como um resultado de diversos ciclos de maior atividade denudacional foi Davis (1899). De acordo com Davis, o “ciclo geográfico”, detonado inicialmente por um soerguimento tectônico de uma massa continental e, conseqüentemente, pelo rebaixamento do nível de base resultando assim, em um gradiente capaz de gerar os processos erosivos que irão dissecar o bloco soerguido. Davis destaca três fases do desenvolvimento do relevo: juventude; maturidade e; senilidade. Estas formas conduzem a um resultado “final”, o peneplano.

Devemos destacar também King (1953;1956), que a partir de observações da morfologia do relevo em diversos locais, incluindo o Brasil, criou um modelo cíclico de evolução do relevo em que a paisagem está escalonada em superfícies de erosão, oriundas de soerguimentos tectônicos, e que serão trabalhadas pelo recuo das encostas. Este recuo origina superfícies aplainadas com diferentes níveis altimétricos.

Segundo Coelho Netto & Dietrich (1991) e Coelho Netto *et. al.* (1994), o período transitório do Pleistoceno-Holoceno foi marcado por um aquecimento global pós-período glacial. Desta forma ocorreu um expressivo aumento da pluviosidade e aliado a uma vegetação muito rarefeita e pouco expressiva facilitaram os mecanismos de erosão por fluxo superficial e subsuperficial. Estes mecanismos de atuação levaram a um reafeiçoamento do relevo em um curto espaço de tempo.

E a partir do levantamento realizado através de imagens de satélite, foram mapeados possíveis pontos de interesse neste relevo com diversos mecanismos de atuação, os quais foram verificados *in loco*.

Foram mapeados diversos pontos, os quais foram separados nas seguintes categorias: knickpoints; drenagem; concavidades; alvéolos; processos erosivos; voçorocas; e outros pontos de interesse. Para cada uma destas categorias listadas



foram criados mapas com os pontos mapeados, além destes mapas também foram criados mapas com o lineamento, declividade e hipsometria.

É de grande importância ressaltarmos que as voçorocas foram separadas dos demais processos erosivos, mesmo que conceitualmente estejam na mesma categoria. Essa decisão foi tomada devido ao objetivo de destacar as voçorocas dos demais processos erosivos, tais como: ravina; escarificações; e feições erosivas, para que a análise fosse feita de forma mais integrada aos demais condicionantes.

## 8.1.

### **Geologia, Knickpoints e afloramentos.**

O contexto geológico regional caracteriza-se por três domínios litológicos distintos, de sul para norte (Heilbron *et al.*, 2007):

1 - Sillimanita-granada-biotita paragneisses bandados a miloníticos, de idade mesoproterozoica a neoproterozoica do Complexo Paraíba do Sul.

2 - Hornblenda-biotita ortogneisses do Complexo Quirino, de idade paleoproterozoica. Estes ortogneisses apresentam intercalações com estreitas e alongadas faixas de paragneisses, gnditos e quartzitos dos Complexos Paraíba do Sul e Andrelândia.

3 - Ortogranulitos do Complexo Juiz de Fora, de idade paleoproterozoica.

A geologia encontrada no local está diretamente relacionada a história de evolução da paisagem geológica do local, com grande destaque para o, já citado, orógeno colisional.

Os granulitos e ortogneisses dos Complexos Juiz de Fora e Quirino representam o embasamento das bacias sedimentares Paraíba do Sul e Andrelândia e durante o evento termotectônico Brasileiro (entre fins do Neoproterozoico e o Eopaleozoico), estes terrenos sofreram uma orogênese colisional que promoveu metamorfismo de alto grau e uma intensa tectônica compressiva e transcorrente, que gerou dobramentos, extensas nappes por falhas de empurrão e zonas de cisalhamento que se estendem por centenas de quilômetros ao longo da Faixa de Dobramentos Ribeira (Heilbron, 1995).

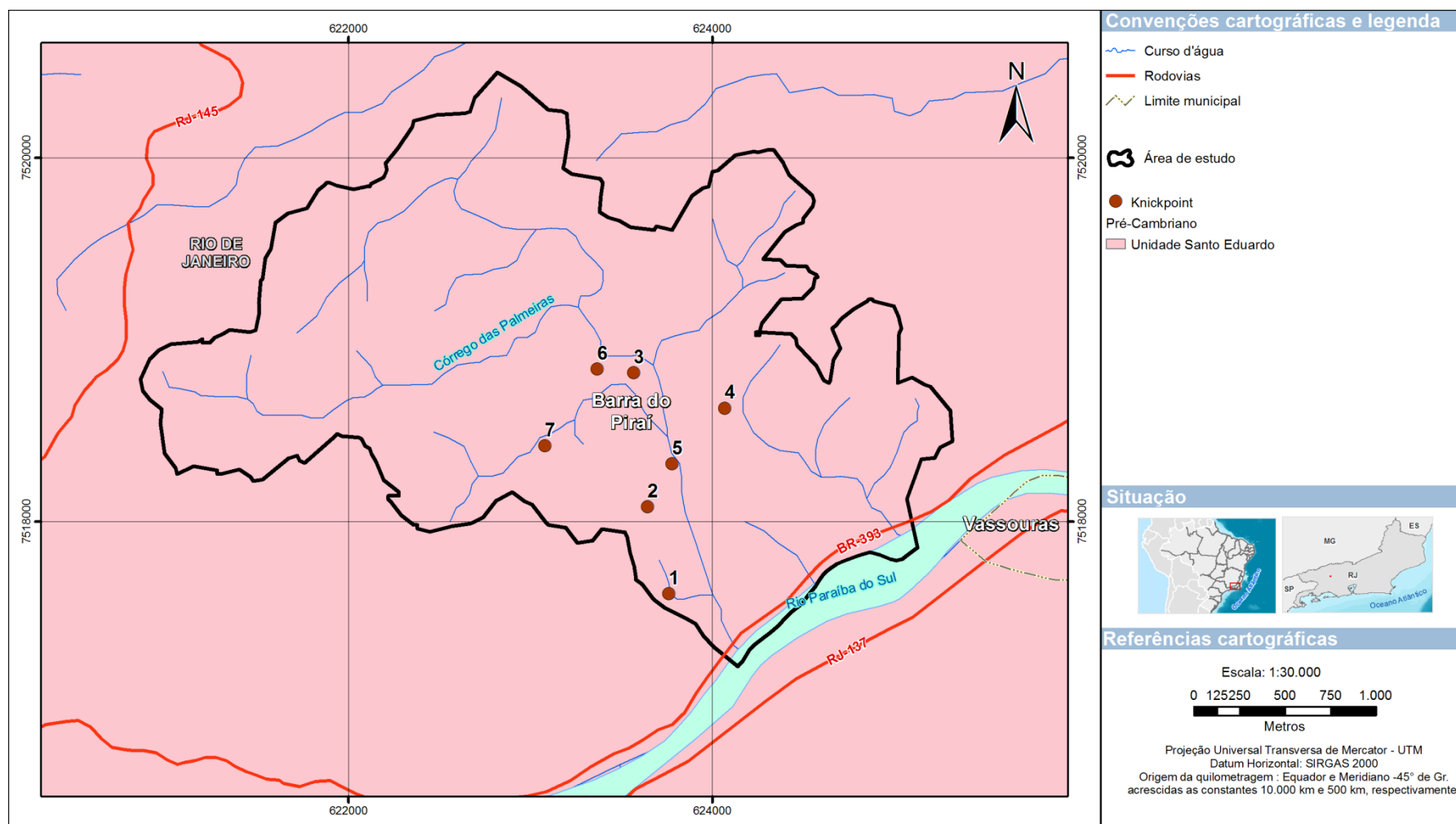


Figura 23: Mapa de Knickpoints, afloramentos rochosos e período geológico

A área de estudo está inserida no interior do Domínio Klippe Paraíba do Sul, a qual é composta pelo Complexo Quirino (unidade proposta por Tupinambá (2007), complexo Paraíba do Sul e a unidade Santo Eduardo. O embasamento neste compartimento é representado por ortognaisses do Complexo Quirino.

Segundo Tupinambá (2007), a rocha típica da unidade Santo Eduardo é um gnaiss de grão grosso, meso a leucocrático, foliação descontínua marcada por aglomerados minerais de hornblenda e com enclaves dioríticos e de gnaisses bandados alongados de dimensões decimétricas a métricas. Os knickpoint da área de estudo correspondem exatamente a esta litologia.

Os knickpoints, também conhecidos como níveis de base locais, são segundo Powel (1875) estrangulamentos estruturais no perfil longitudinal dos rios formados por rochas mais resistentes em ambientes de falhas e fraturas (rotas preferenciais das calhas fluviais). Em campo, podemos encontrar facilmente os níveis de base locais ao encontrarmos uma cachoeira.

Foi encontrado um total de 5 knickpoints, os quais apresentaram uma geologia praticamente uniforme, com a presença de biotita gnaisses bandados ricos em biotita e quartzofeldspato. Além destes knickpoint, foram mapeados dois afloramentos. Os afloramentos rochosos apresentaram as mesmas características dos knickpoints, com exceção dos diques de diabásio, os quais serão expostos posteriormente neste trabalho. Os knickpoints mapeados foram encontrados em cortes de estrada, leitos de drenagem, expostos por processos erosivos e em encostas.

Os knickpoints e afloramentos se concentram, de forma quase que total, em redes de drenagem (figura 23) por conta do trabalho erosivo da água, o qual esculpiu aqueles locais de forma em que os afloramentos ficassem expostos e os knickpoints sustentassem o relevo à montante.

A análise dos knickpoints e afloramentos deixou claro o predomínio da orientação de foliação no quadrante NE, mesma direção do maior influenciador da paisagem do local, o Rio Paraíba do Sul. Esta análise destaca a importância destas estruturas para a configuração da rede de drenagem do local, visto que alguns rios próximos à área de estudo que drenam para o Rio Paraíba do Sul são perpendiculares a ele, como o córrego das Palmeiras. No caso do córrego das Palmeiras, constatamos através da análise em campo que o mesmo percorre uma fratura de quadrante NW-SE.

### 8.1.2.

#### Descrição dos knickpoint mapeados em campo:

##### Knickpoint 1



Figura 24: Medição do Knickpoint da área de estudo.  
Foto: Igor Oliveira, 2016.

Knickpoint localizado na calha do Córrego Casa Branca ao sul da bacia estudada a 394 metros de altitude. (UTM: 623761/7517604). Os afloramentos rochosos deste knickpoint estavam bem concentrados na calha do córrego e correspondem ao Complexo Quirino, com a presença de ortognaisse composto por biotita gnaisses bandados, cujo bandamento composicional e migmatítico é dado pela alternância em biotita, quartzo e feldspato. Plano de fratura  $75^{\circ} / 65^{\circ}$  Foliação  $24^{\circ}$

#### Knickpoint 2

Knickpoint localizado no córrego Bananeira próximo a sua confluência com o córrego das Palmeiras, na região central da área de estudo. Este nível de base se encontra a uma altura de 396 metros e UTM 623643/7518081. Este knickpoint não apresenta uma mudança abrupta de altura e mantém a direção W-E do córrego. Foliação  $140^{\circ} / 85^{\circ}$ .

#### Knickpoint 3



Figura 25: Knickpoint 3 na rede de drenagem.  
Foto: Igor Oliveira, 2016.

Knickpoint localizado na fronteira entre o alto e médio curso do córrego das Palmeiras (UTM 623567/7518818) a 436 metros de altitude, a montante de um grande álveolo. Observamos que neste ponto existem dois cotovelos próximos, um antes e



outro após o nível de base local, após o segundo cotovelo temos o córrego em sua direção encaixado no lineamento principal, N/NW-S/SE. Fratura  $130^{\circ} / 85^{\circ}$

#### Knickpoint 4



Figura 26: Knickpoint 4 em sua totalidade.  
Foto: Igor Oliveira, 2016.

Knickpoint localizado na porção centro-leste da área de estudo (UTM 624069/7518624) a 405 metros de altura. À montante deste nível de base existe um grande alvéolo, o qual em períodos chuvosos alaga e esta água acaba escoando pelo knickpoint, o qual tem uma grande superfície exposta na encosta (figura 27) e drena esta água para NE. Foliação  $42^{\circ}$  e dip  $62^{\circ}$ .



Figura 27 – Knickpoint exposto na encosta. Foto: Igor Oliveira, 2016.

### Knickpoint 5

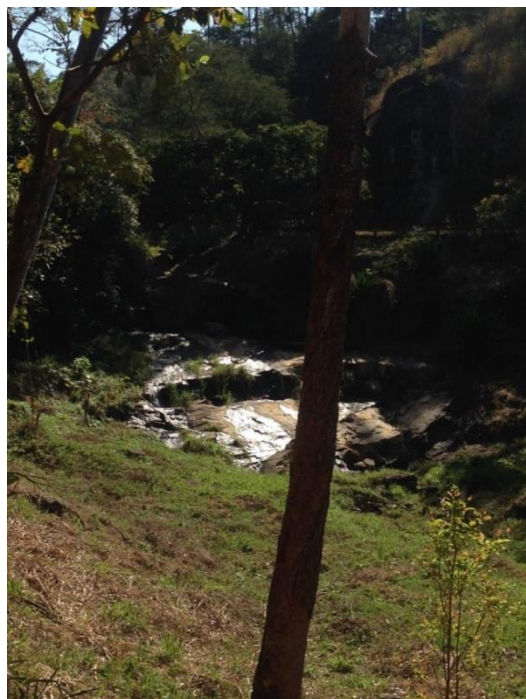


Figura 28: Knickpoint 5 com o fluxo d'água permanente escoando em sua parede. Foto: Igor Oliveira, 2016.



Este knickpoint (UTM 623779/ 7518319) é o último do córrego das Palmeiras, possui uma grande área e é composto por diversos blocos rochosos soltos e seu afloramento principal. Ele se inicia a 402 metros de altitude e tem uma queda abrupta, ficando bem caracterizado como uma cachoeira (figura 28). À montante está localizado um alvéolo com a presença de terreiros do século XIX para a secagem de café (figura 29), os quais se aproveitaram deste fundo de vale e a presença do córrego para a sua construção. Dip 65° e foliação 144°.



Figura 29: Área à montante do Knickpoint 5. Esta área é um dos alvéolos mapeados neste trabalho, em sua totalidade.

Foto: Igor Oliveira, 2016.

Além destes knickpoints descritos acima, devemos destacar a presença de diques de diabásio (figura 30), os quais se referem ao Enxame de Diques da Serra do Mar (Almeida, 1976). Segundo Almeida et al. (2013), afloramentos de diabásio no estado do Rio de Janeiro e São Paulo são subverticais e têm espessuras variando de centimétrica até dezenas de metros, sendo predominantes as espessuras de 2 a 8m.





Figura 30: Dique de diabásio presente na encosta de morrote.  
Foto: Igor Oliveira, 2016.

Segundo Almeida *et. al.* (2013), os diques do Rio de Janeiro apresentam orientação predominante  $N40^{\circ} - 50^{\circ}E$ , e são constituídos, predominantemente, por rochas basálticas, diabásios e microgabros. O dique de diabásio encontrado na área de estudo está com uma orientação NE-SW, ou seja, mesma orientação do Rio Paraíba do Sul e das falhas encontradas na região. A sua inserção na paisagem ocorreu muito provavelmente no momento da separação dos continentes, possibilitando assim a sua intrusão.



Figura 31: Dique de diabásio em um colúvio próximo ao córrego Casa Branca.  
Foto: Igor Oliveira

O dique encontrado na área de estudo, representado pelo ponto 2, segue exatamente a direção descrita por Almeida et. al. (2013) e foi exposto por conta de um processo de escarificação da encosta de um morro. A parte exposta do dique possui cerca de 10 metros de comprimento e pouco mais de 50 cm de altura. Foram encontrados diversos pequenos blocos (figura 29), por conta do processo de intemperismo ocorrido no local.

O ponto 6 apresentado no mapa é um Stoneline, ou linha de seixos. Este termo se refere a um horizonte de fragmentos de rochas muitas vezes arredondadas e compostas por quartzo e quartizito, as quais se encontram paralelas a linha do horizonte e são resistentes às alterações químicas. Acima da



stoneline, costuma-se encontrar um horizonte de solo relativamente homogêneo de textura areno-síltico-argilosa.

Menções à Stonelines são encontradas em textos desde o século XIX, mas mesmo assim a sua origem ainda é discutida. Dentre as muitas hipóteses que tentam explicar a sua origem, ficamos com a de Bigarella & Mousinho (1965), os quais trabalham com a idéia de que o recuo de áreas florestadas sob períodos secos suficientemente longos levaria à exposição do solo, com conseqüente remoção dos materiais finos e concentração dos fragmentos mais pesados, originando o paleopavimento.



Figura 32: Stoneline na área de estudo  
Foto: Igor Oliveira, 2016.

O stoneline encontrado na área de estudo (figura 32), foi exposto por conta de um corte de estrada na encosta. O seixo tem em torno de 1,5 metros de comprimento, sua direção acompanha a linha do horizonte no local, com uma inclinação de aproximadamente 30°. Acima dele temos uma grande porção de solo argiloso, com altura de 2,5 metros até sua superfície e abaixo do stoneline temos mais 1 metro de solo até a altura da estrada.

## 8.2.

### Drenagem e morfologia de encostas da área de estudo

Neste tópico serão tratados o padrão de drenagem (figura 33) e a morfologia de encostas observados na área de estudo. Para isso, devemos abordar a respeito de alguns dos conceitos e modelos relacionados aos padrões de drenagem. Os três modelos de padrões de drenagem a serem apresentados a seguir estão de acordo com os modelos mais disseminados dentro da geomorfologia segundo Coelho Netto (2003).



Figura 33: Eixo de drenagem na área de estudo.  
Foto: Igor Oliveira, 2016.

O primeiro modelo tratado por Coelho Netto (2003) é o de Glock (1931), no qual elabora um modelo em que prevaleceria o alongamento na subdivisão das áreas

de drenagem não dissecadas. A extensão da rede ocorreria pelo avanço remontante dos canais ou pela adição de canais que se originam em separado, até que uma extensão máxima fosse atingida por toda a área de drenagem disponível.

O segundo modelo e ainda muito utilizado é o Hortoniano, proposto por Horton (1945). Este modelo consiste na alegação de que o desenvolvimento da drenagem se daria por ação do escoamento superficial em áreas íngremes e planas, em que uma série de sulcos erosivos paralelos se formaria a partir de uma distância crítica dos divisores. Com o passar do tempo, ocorreria um ajuste lateral e micro-pirataria de águas superficiais entre os sulcos adjacentes, acarretando em competição e incisão dos sulcos de maior concentração de escoamento superficial originando canais incisivos no relevo. Progressivamente, estes canais se tornariam mais eficientes para a absorção de seus concorrentes e, a partir de gradação lateral, resultaria na expansão de redes de canais integradas e dendríticas.

O terceiro modelo descrito por Coelho Netto (2003) é o proposto por Howard (1971). A base deste modelo é o crescimento remontante dos canais que se desenvolveriam plenamente até a borda da área não-dissecada. Progressivamente, com o avanço a remontante e com a formação de bifurcações, os canais ocupariam os espaços disponíveis formando uma rede dendrítica.

Segundo Miguens (2016), em relação ao tema geometria dos canais, Howard (1967) afirma que a disposição espacial dos rios, controlada em grande parte pelas estruturas geológicas, é definida como padrão de drenagem. Uma bacia hidrográfica pode apresentar diferentes padrões de drenagem para os rios que a compõe (Christofolletti, 1974; Bigarella et al., 1979). Tendo em vista que a drenagem é controlada pelas condicionantes geológicas e climáticas de determinada área, vale ressaltar que os padrões de drenagem são ferramentas importantes para a análise da composição litoestrutural de determinado terreno. A fim de facilitar o entendimento e a visualização, a tabela 2 apresenta os principais padrões de drenagem propostos por Howard (1967) e a relação destes com a geologia.







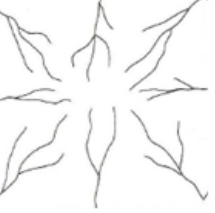

Tipo	Exemplo	Características	Relação com a Geologia
Dendrítico		Correntes distribuídas em todas as direções; Confluência com ângulos agudos	Rochas reologicamente homogêneas das classes sedimentar e ígnea; derrames basálticos; terrenos dominados por granitóides não deformados
Treliça		Controle estrutural bem marcado; Confluência em ângulos retos	Sistemas de fraturas paralelas em rochas ígneas ou sedimentares; Transição para o paralelo; Sequências metamórficas de baixo a médio grau dobradas
Retangular		Aspecto ortogonal; bruscas alterações retangulares no curso de rios	Fraturas em ângulos retos
Paralelo		Canais paralelos; Vententes com declives acentuados	Geralmente indica caimento do terreno, médio a forte (topográfico ou estrutural), principalmente em rochas sedimentares; sequências sedimentares depositadas sob a forma de cristas. Transição para o dendrítico
Radial		Correntes como o raio de uma roda	Vulcões, domos e estruturas circulares em geral
Anelar		Semelhantes ao desenvolvimento dos dendros de uma árvore	Estruturas circulares em geral (stocks)

Tabela 2: Aspectos dos padrões de drenagem mais comuns (modificado de Howard, 1967 e extraído de Miguens, 2016).

A partir da análise em campo e da figura 34 que é um mapa criado com as redes de drenagem da área de estudo, podemos relacionar a rede de drenagem local a algumas características como as citadas na tabela 2.

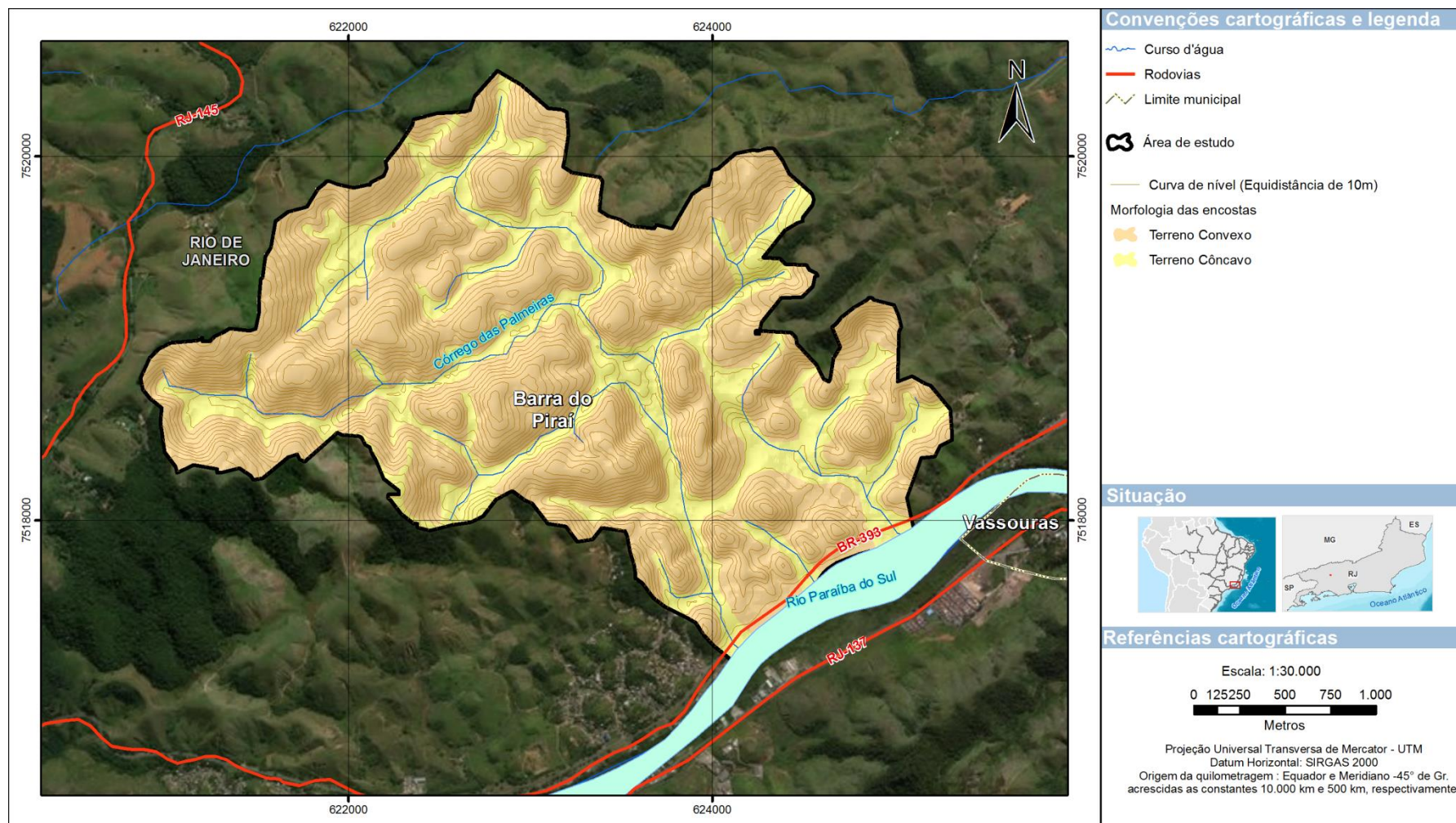


Figura 34: Mapa de rede de drenagens e morfologia de encostas

O córrego das Palmeiras é alimentado por 9 drenagens, entre as quais devemos destacar as drenagens do Córrego das Palmeiras, Córrego Casa Branca e Córrego das Bananeiras. Após uma análise dos mais de oito trabalhos de campo em épocas distintas, pudemos concluir que estas drenagens sempre estavam com uma vazão de água relativamente grande em se tratando o tamanho do canal, desta forma, elas são as grandes “alimentadoras” do canal principal daquela bacia.

Outras drenagens possuem o canal delimitado, porém em nenhum momento foi observado um fluxo de água superficial em seus domínios mesmo em momentos de fortes eventos pluviométricos.

Planícies aluviais nos córregos do Bananal (figura 35) e das Palmeiras delineiam lineamentos dos respectivos vales. O córrego do rio Santana é delimitado por falhas com orientação NE, dessa forma acaba por drenar a água e sedimentos em direção ao córrego das Palmeiras.



Figura 35 – Vale do córrego Bananal. Pequena planície aluvial no fundo do vale do córrego Bananal, o qual drena em direção ao córrego das Palmeiras.  
Foto: Igor Oliveira, 2016.



A bacia estudada tem característica de correntes de drenagem distribuídas em direções variadas, nas quais a maioria se junta à drenagem principal da bacia e outras diretamente à drenagem principal da macrobacia (Rio Paraíba do Sul). Além disso, observamos que a área de estudo possui uma litologia muito homogênea, este fator aliado ao padrão de drenagem nos leva a concluir a bacia hidrográfica do Córrego das Palmeiras pode ser considerada como uma bacia do tipo dendrítica.

Quanto à morfologia das vertentes, Meis (1977) ressalta o recuo diferencial através da esculturação de reentrâncias (hollows) e saliências (noses) na paisagem resultando, assim, numa configuração irregular dos atuais fundos de vales (Meis & Machado, 1978).

Esta morfologia também está estritamente ligada às concavidades das vertentes (figura 36), locais onde os processos erosivos costumam ser iniciados e com isso depositados aos pés das vertentes sob forma de leques, modificando assim possíveis canais de drenagem nos fundos de vale.



Figura 36: Anfiteatro (*hollow*) na área de estudo.  
Foto: Igor Oliveira, 2015.

### 8.3.

#### Alvéolos

A presença de níveis de base locais aliado a uma extensa rede de drenagem possibilitou a ocorrência de um ambiente deposicional chamada de alvéolos. Segundo Dantas (1995), o qual inspirado em Martonne (1943), uma das características do ambiente de colinas do Planalto Sudeste Brasileiro é a ocorrência de gargantas rochosas e sucessivos estrangulamentos, assim como terrações fluviais e cones de dejeção provenientes de vales secundários.

Desta forma, o controle litoestrutural é essencial para a formação dos alvéolos, Bigarella *et. al.* (1965) destaca os pontos de estrangulamento, os quais ocorrem ao longo dos vales fluviais, como zonas de obstrução parcial do transporte de sedimentos, em períodos secos de agridação fluvial produzindo, assim, os alvéolos sedimentares, ou seja, seções mais alargadas dos fundos de vales, preenchidas de sedimentos.

Na área de estudo foram mapeados um total de sete alvéolos, espalhados em toda a porção da área estudada. Alguns estão em áreas mais amplas e esparaiadas e outros em fundos de vale mais encaixados com a presença de encostas mais íngremes em ambos os lados. Outra diferença entre os alvéolos é com relação ao tamanho, alguns possuem mais de dois quilômetros de extensão e outros menos de 500 metros. Em todos os alvéolos podemos observar a presença de drenagens que alimentam o Córrego das Palmeiras ou que pertencem ao mesmo (figura 37).

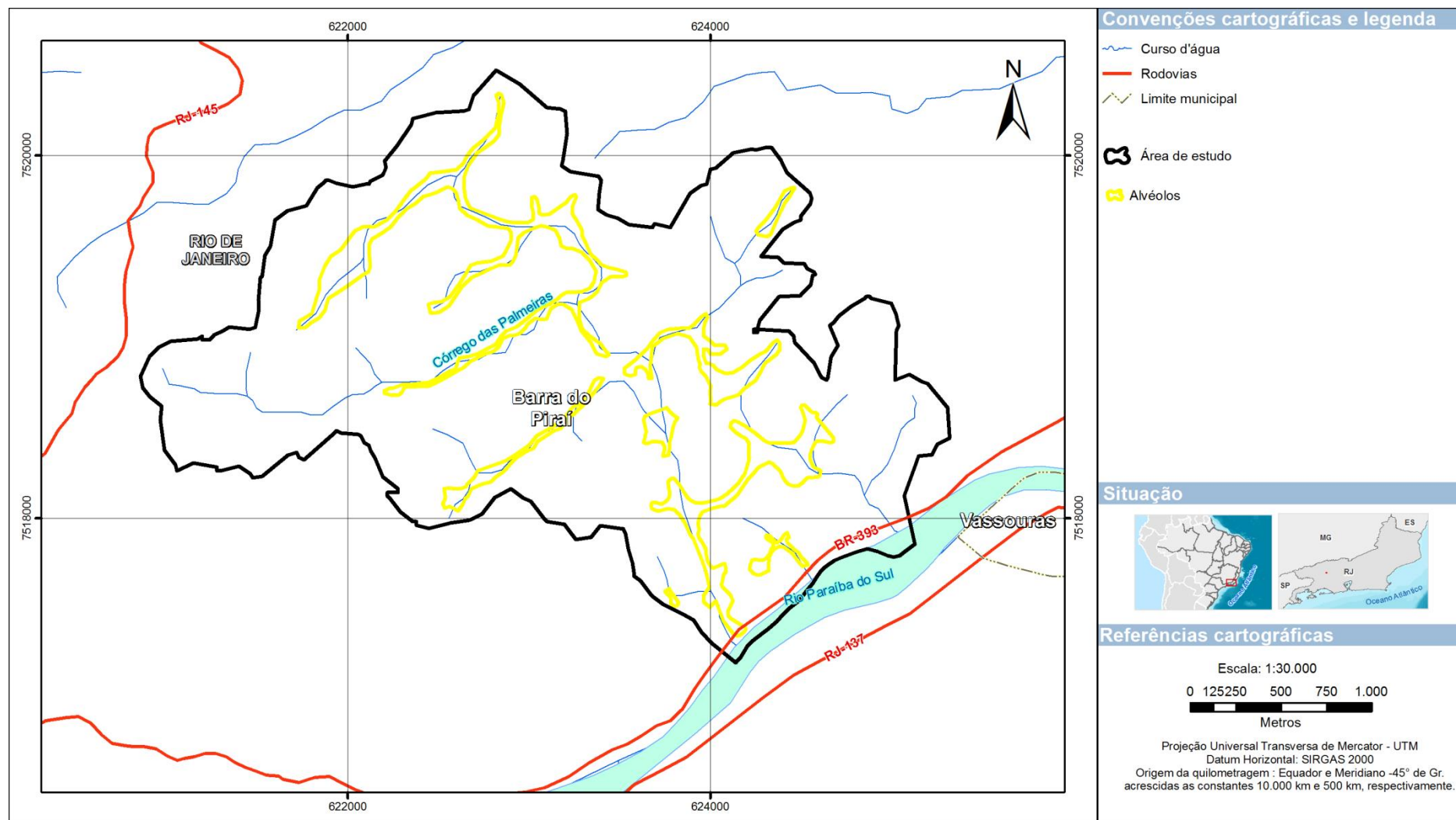


Figura 37 – Mapa de alvéolos da área de estudo

A ocorrência de alvéolos na área de estudo está atrelada ao controle litoestrutural e seus pontos de estrangulamento, como mencionado anteriormente e também à influência dos processos erosivos, os quais acabam depositando sedimentos no fundo dos vales e segundo Benda (1990) podem promover ciclos de aggradação e degradação fluvial alterando a morfologia dos canais e vales.

#### Descrição dos alvéolos mapeados em campo:

O alvéolo representado na figura 38 e que se encontra a sudeste da área de estudo e a uma altitude de 375 metros tem características bem particulares em relação aos demais. Devido a sua baixa altitude e a presença de morrotes relativamente altos em seu entorno, ele acaba sendo um local para onde algumas drenagens escoam e desta forma a sua vegetação rasteira é notadamente mais densa que em outros locais da área de estudo. O fluxo de drenagens em direção ao alvéolo também acabou formando um açude com 100 metros de comprimento e profundidade de 1 metro durante um período de chuvas dentro do padrão para a primavera.



Figura 38: Vale do córrego Bananal. Pequena planície aluvial no fundo do vale do córrego Bananal, o qual drena em direção ao córrego das Palmeiras.

Foto: Igor Oliveira, 2016.



É necessário destacarmos que em seu entorno temos um morrote de mais de 420 metros de altura, gerando assim uma amplitude maior de 40 metros, contribuindo assim para um maior fluxo superficial e consequentemente um maior fluxo de sedimentos para o local. Os sedimentos também são depositados por conta da presença de uma voçoroca bem ativa e com mais de 20 metros de comprimento.

O alvéolo representado na figura 39, apresenta uma densidade de vegetação rasteira maior em comparação com outras áreas devido à maior umidade e retenção de água em períodos chuvosos daquele terreno o qual recebe fluxos de drenagem.



Figura 39: Alvéolo com a presença de uma densidade de vegetação rasteira maior devido à maior umidade e retenção de água em períodos chuvosos. Foto: Igor Oliveira, 2015.

Ao observarmos o alvéolo (figura 40), podemos citar a hipótese de Dantas & Coelho Netto (1991) em que os níveis de base locais, localizados nos canais fluviais, exerceriam uma influência marcante na retenção de sedimentos e

espraçamento de alvéolos logo à montante, nos vales suspensos. Este alvéolo se localiza no canal de drenagem do Córrego das Palmeiras e por estar localizado em um fundo de vale e com acesso fácil foi escolhido como o local para a construção de um grande terreiro para a secagem de café no século XIX.



Figura 40: Alvéolo em vale encaixado com a presença de knickpoint à jusante (lado esquerdo da foto).

Foto: Igor Oliveira, 2016.

O alvéolo representado pela figura 41 está localizado a uma altitude de 422 metros, em um vale suspenso sustentado pela presença de um nível de base local. Os morrotes ao redor deste alvéolo não ultrapassam a altitude de 450 metros, ou seja, temos menos de 30 metros de diferença entre o alvéolo e o topo do morrote, isto pode significar que boa parte daquele local já sofreu um processo erosivo (voçorocamento e ravinamento) grande em seu passado e neste momento a paisagem se encontra em quase que equilíbrio, devido ao quase aplainamento que ela se encontra. Um dos fatores que acabam inibindo os processos erosivos são a baixa energia ocasionada pela pouca declividade do local.



Figura 41: Alvéolo localizado em vale suspenso na área de estudo.  
Foto: Igor Oliveira, 2015.

À norte da área de estudo temos o maior alvéolo da área de estudo. Este alvéolo tem diversas características, em alguns locais ele é mais largo, próximo a morrotes aplainados, e em outros locais é mais estreito, próximo a morrotes que estão sofrendo processos erosivos. Próximo a um grande fragmento florestal, o alvéolo parece estar estático, mas na realidade acaba recendo um fluxo de sedimentos do morrote sem cobertura vegetal significativa localizado em seu outro lado.





Figura 42: Grande alvéolo localizado no pé do morrote.  
Foto: Igor Oliveira, 2015.

Próximo ao Rio Paraíba do Sul temos outro alvéolo na calha do córrego das Palmeiras (figura 43), este se localiza à jusante de um knickpoint e está no mesmo nível do Rio Paraíba do Sul. Este alvéolo recebe sedimentos oriundos da drenagem e também de alguns pequenos processos erosivos nas encostas, tais como escarificações e ravinas, não há a presença de vocçorocas no local.





Figura 43: Alvéolo junto ao córrego das Palmeiras.  
Foto: Igor Oliveira, 2016.

#### 8.4.

#### **Análise dos Lineamentos de Relevô**

Apresentamos a seguir a tabela 3 e a figura 44. Estes dois produtos nos apresentam o padrão de lineamento da área de estudo e uma síntese referente ao tamanho e direção dos lineamentos encontrados.

Direção	População	Distância total
W-E	1	0,750 km
SW- NE	7	5,3 km
NW-SE	3	2,3 km
NNW-SSE	1	1,5 km

Tabela 3: Síntese das informações referentes às direções dos lineamentos na área de estudo.  
Elaborado por: Igor Oliveira, 2017.

A tabela elaborada destaca quatro direções de lineamento, com o predomínio de uma direção de lineamento e um total de 12 feixes de lineamentos. A partir da análise dos dados observamos que o maior lineamento é o de direção NNW-SSE, que é justamente a parte final do córrego das Palmeiras (figura 43) e que tem grande destaque na área de estudo e principalmente em imagens aéreas. Apesar de possuir apenas um feixe de lineamento na área de estudo, esta direção possui outros feixes em regiões vizinhas à área estudada, mostrando assim certo comportamento naquela região.



Figura 44: Lineamento encaixado no vale do córrego das Palmeiras com orientação NNW-SSE.  
Foto: Igor Oliveira, 2015.

A direção de lineamento mais intensa é a SW-NE, com sete feixes e que compartilha da mesma direção que o Rio Paraíba do Sul, apresentando dessa forma uma tendência na região de possuir muitos feixes naquela direção.



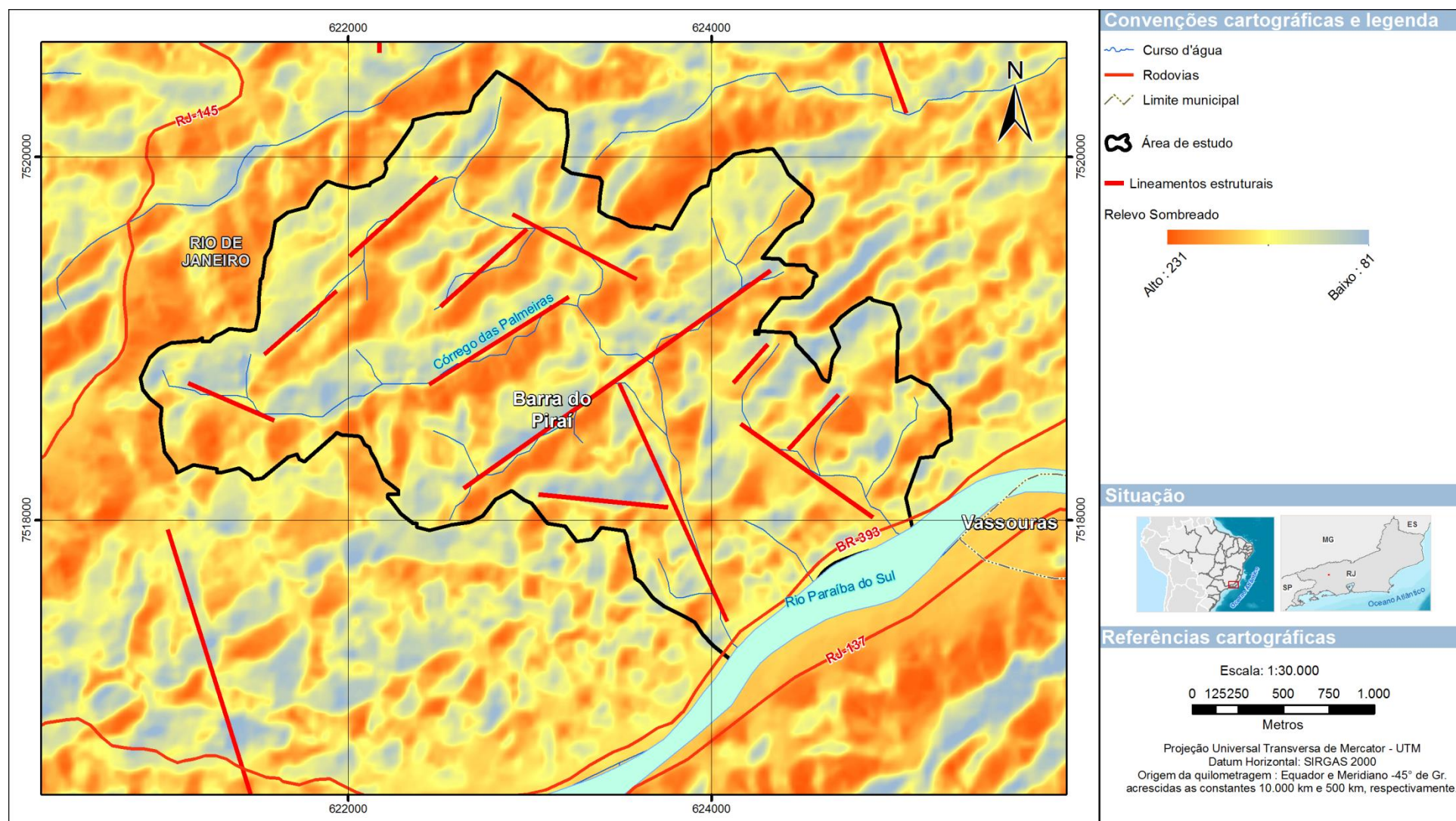


Figura 45: Mapa dos principais lineamentos e altitude do relevo da área de estudo.

A partir dos dados obtidos em gabinete e em campo, podemos afirmar que a orientação dos sete feixes predominantes (SW-NE) se dá na mesma direção que as estruturas de foliação e falhas.

## **8.5.**

### **Hipsometria da área de estudo**

Ao analisarmos o mapa hipsométrico (figura 46) da área de estudo reforçamos a idéia de que a área de estudo se encontra no início de uma faixa de transição de relevo com contrastes topográficos mesmo estando em compartimentos geomorfológicos semelhantes e composição litoestrutural homogêneas.



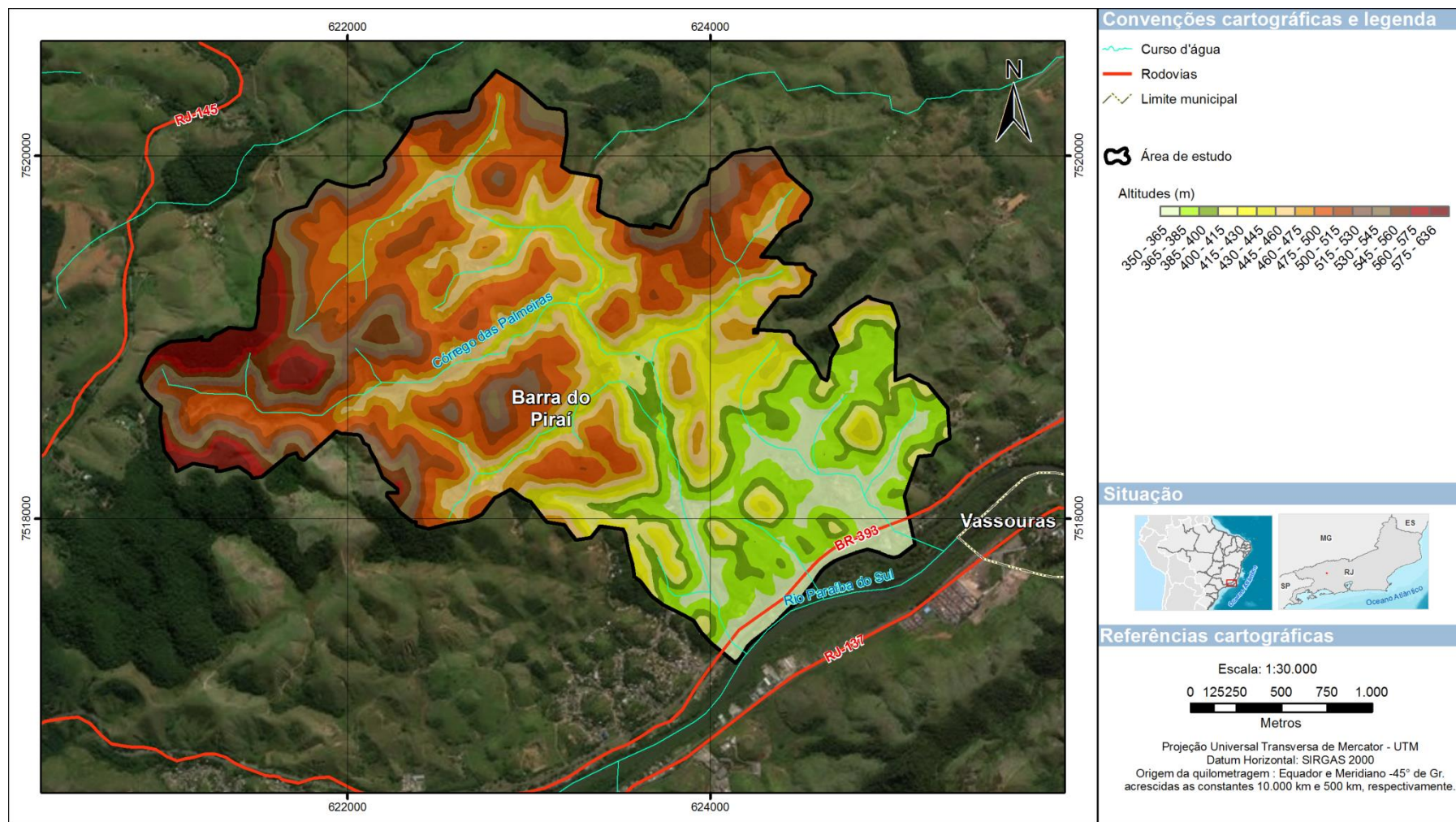


Figura 46: Mapa hipsométrico da área de estudo

Podemos estabelecer certa comparação entre as maiores altitudes e maior declividade (figura 45 e 46). Nos locais com altitude superior a 500 metros, temos uma declividade maior que  $45^\circ$ . Nos locais com maior altitude encontramos os principais fornecedores de água para os córregos da área de estudo, se concentrando assim na porção noroeste da área de estudo.

A área de estudo possui uma variação altimétrica de quase 300 metros, seu ponto mais baixo, localizado próximo ao Rio Paraíba do Sul possui 350 metros de altitude, e seu ponto mais alto possui 636 metros de altitude e se localiza na porção noroeste, na nascente do córrego das Palmeiras.

Quanto mais à norte/noroeste da área de estudo maior a altitude, como observado no mapa, e isto se dá pelo fato de que há uma maior proximidade da Serra da Concórdia (3 km) e da Serra de Ipiabas (5 km). Estas duas serras possuem uma compartimentação geomorfológica bem distinta das encontradas na área de estudo possuindo vales mais encaixados, maior declividade e maior altitude com suas serras escarpadas.



Figura 47: Divisores ao fundo. Antes das casas se encontram os divisores da porção SO da área de estudo.

Foto: Igor Oliveira, 2016.

Nos chama a atenção o nível de base local na porção central da área de estudo, o qual acaba “modificando” o nível altimétrico em 30 metros de altura a poucos metros de distância. Este nível de base local acaba atuando como um degrau entre dois alvéolos, um à jusante, com maior extensão e mais aberto, e outro à montante, de grande extensão, porém mais estrangulado nas encostas.

O ponto mais alto da área de estudo se refere à seu divisor de drenagem com a bacia vizinha à norte. Este ponto possui uma altitude máxima de 636 metros e três nascentes que se juntam mais à jusante compondo o córrego das Palmeiras.

As classes de altitude mais baixas da área de estudo, 350-365m ocorrem nas áreas mais próximas ao Rio Paraíba do Sul e são também as mais planas levando-se em conta a sua extensão total, não à toa é nesta mesma porção, só que em uma bacia vizinha, que se localiza o bairro de Arthur Cataldi.

## **8.6.**

### **Feições erosivas da área de estudo**

Na área de estudo foram mapeados um total de 44 feições erosivas, espalhados em toda a bacia hidrográfica (Figura 48). Com o objetivo de diferenciar o tema central deste trabalho, as voçorocas foram diferenciadas das demais feições erosivas. Existem 22 ocorrências de voçorocas na área de estudo e 22 outras ocorrências de outros tipos de feições erosivas, as quais estão espalhados por toda a área de estudo, contudo há uma grande concentração na porção central e sul.

Não foi encontrado nenhum tipo de feições erosivas no interior de fragmentos florestais compostos de espécies nativas e exóticas e tampouco no interior de uma plantação de eucaliptos. O motivo para a não ocorrência de processos erosivos no interior destas áreas é a presença de cobertura florestal (copas das árvores), as quais inibem o efeito splash das gotas de chuva, e também da serapilheira que também contribui para a diminuição do efeito splash e da velocidade de escoamento superficial nas encostas.



As voçorocas apresentaram um comportamento em que muitas vezes há a presença de mais de uma voçoroca, isto é, muitas vezes as voçorocas ocorrem em mais de um ponto a uma distância menor que 20 metros entre elas. Isto pode ocorrer pois no momento em que há a detonação deste processo erosivo por quaisquer motivos, estes mesmos detonadores atuam em áreas próximas.

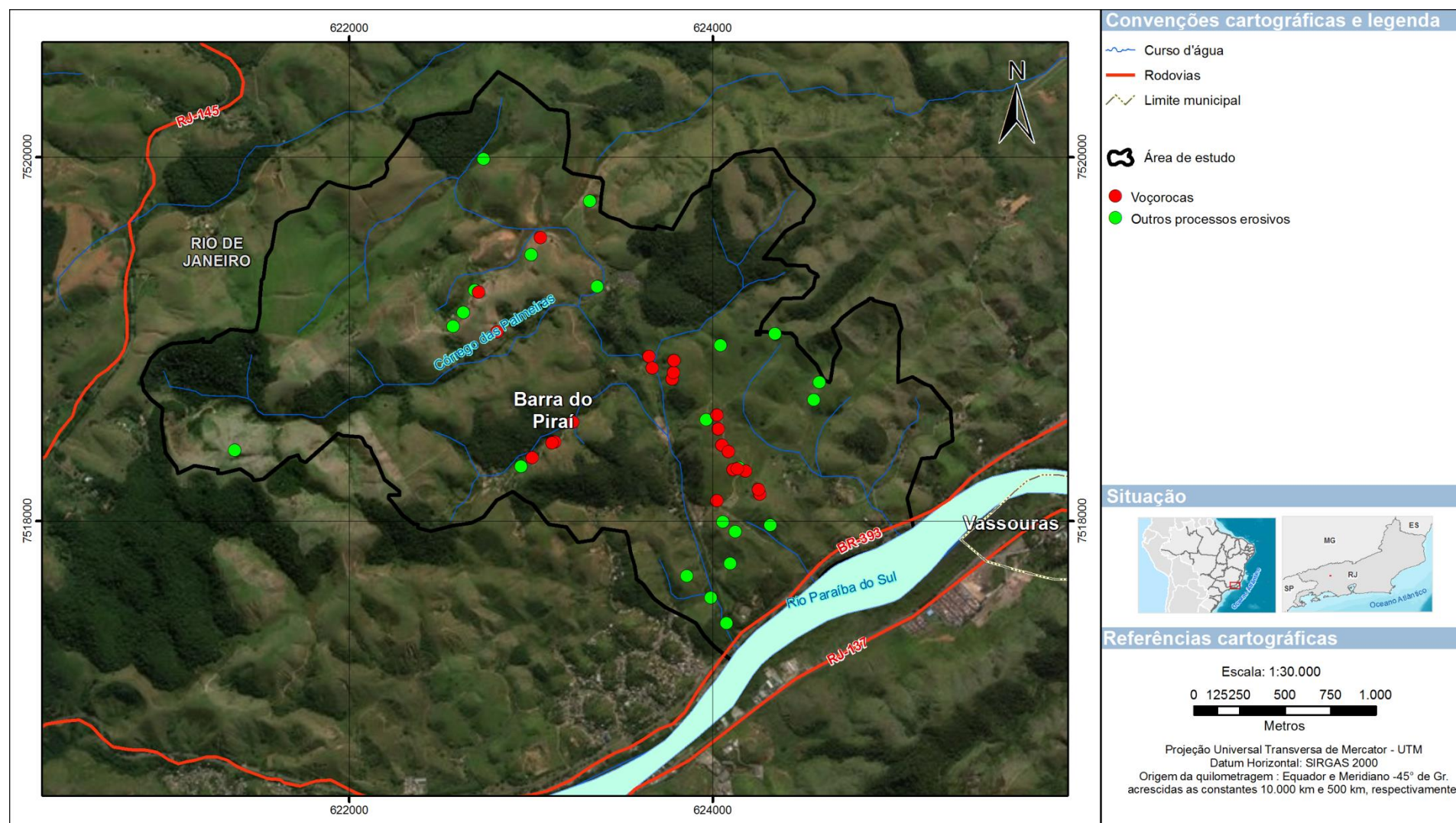


Figura 48: Mapa de processos/feições erosivas na área de estudo.

No mapeamento de voçorocas realizado durante os trabalhos de campo foi constatado que grande parte das voçorocas estava em cortes de estrada. Isto ocorre, pois no momento em que há o corte de estrada/talude é aberta uma face de exfiltração para os fluxos superficiais e dessa forma ocorre o colapso dos *pipes* e a voçoroca é detonada. Isto pôde ser percebido tanto em voçorocas grandes (mais de 10 metros de comprimento) como em pequenas.

Outro fator de detonação de voçorocas foram as redes de drenagem que por serem os locais com o menor nível de base de cada micro-bacia acabavam levando o resto das bacias a buscarem um ajuste ao nível de base local, o qual pode ser obtido através deste processo erosivo.

Um fator preponderante de controle de processos erosivos foram os knickpoint, a figura 48 nos destaca que apenas 3 voçorocas foram encontradas na porção norte, nordeste e noroeste da área de estudo. Mais de 85% das voçorocas se concentram na porção central e sul da área de estudo, à jusante do knickpoint que delimita o médio curso do córrego das Palmeiras e acaba atuando como um controlador do nível de base local. No momento em que aquele nível de base for rompido, toda a porção da área de estudo antes controlada por aquele nível de base, será ajustada a outro nível de base (mais baixo).

Ao analisarmos a bacia em campo e cruzarmos os dados de declividade com os pontos de voçorocas pudemos perceber que pelo menos 10 voçorocas se localizam em áreas de alta declividade ( $>45$ ) e próximas à redes de drenagem. Nestes locais há uma diferença relativamente alta entre o topo do morro e o nível de base em poucos metros, potencializando assim a ocorrência desse tipo de processos erosivos.

Na porção centro-sul da área de estudo há a ocorrência de 7 voçorocas bem afastadas dos canais de drenagem. A ocorrência destas pode ser explicada pelo corte de estrada daquele morrote. Três destas voçorocas ocorrem em sequência, possuem tamanhos semelhantes e são grandes, possivelmente algumas das maiores da área de estudo. Há naquele local uma pré-disposição a ocorrência destes processos erosivos e que foi potencializada e detonada por conta do corte de estrada no meio do morrote. Pelo fato deste corte de estrada ter ocorrido no meio do morrote existem duas voçorocas que são separadas apenas pela estrada,

cada uma em um lado. Ambas possuem tamanhos semelhantes e mesma direção, há a probabilidade de que o fluxo subsuperficial tenha passado abaixo da estrada, alcançando o outro lado, e tenha detonado ali outra voçoroca.

Os outros processos erosivos encontrados na área de estudo se referem às ravinas e escarificações. Alguns dos mecanismos de detonação de voçorocas se repetem também nas ravinas, principalmente os cortes de estrada, como na porção norte da área de estudo em que há seguidas ravinas em um corte de estrada, totalizando 300 metros de beira de estrada com ravinas, sendo interrompidas apenas por uma grande voçoroca.

Muitas das ravinas mapeadas em beira de estrada possivelmente se tornaram voçorocas caso não seja feito um controle antrópico deste processo erosivo, pois no momento em que este é detonado, dificilmente ele será interrompido por razões naturais.

Além das ravinas, foram mapeadas muitas escarificações na área de estudo, distribuídas espacialmente de acordo com a declividade da encosta e presença de gramíneas. As escarificações eram maiores e mais evidentes em locais onde não existia nenhum tipo de cobertura vegetal e devido ao solo compactado, o fluxo superficial atua de forma intensa.

As escarificações se mostraram mais intensas e presentes em locais próximos à curral de fazendas e interior de sítios com o uso frequente. O motivo para uma maior intensidade das escarificações nestes locais é o uso destas encostas para a passagem de pessoas e animais e também como área de pastagem, contribuindo assim para a compactação do solo.

Descrição das voçorocas e demais feições erosivas:

	<b>Tipo</b>	<b>Características</b>
1	Voçoroca	Junto à rede de drenagem.
2	Voçoroca	Corte de estrada expondo os pipes e sua face de exfiltração.
3	Voçoroca	Local de grande declividade.
4	Voçoroca	Local de grande declividade.
5	Voçoroca	Local de grande declividade.

6	Voçoroca	Corte de estrada expondo os pipes e sua face de exfiltração.
7	Voçoroca	Corte de estrada expondo os pipes e sua face de exfiltração.
8	Voçoroca	Voçoroca com 50 metros de comprimento sendo acompanhada por outras duas de menor porte.
9	Voçoroca	Voçoroca à jusante de outra com tamanho parecido, há apenas a estrada dividindo as duas.
10	Voçoroca	Corte de estrada expondo os pipes e sua face de exfiltração.
11	Voçoroca	Corte de estrada expondo os pipes e sua face de exfiltração. Minimamente controlada antropicamente com o plantio de bambus.
12	Voçoroca	Voçoroca com 20 metros de comprimento. Ocorrência por corte de estrada.
13	Voçoroca	Localizada na porção norte da área de estudo e próxima ao canal de drenagem.
14	Voçoroca	Localizada na porção norte da área de estudo e próxima ao canal de drenagem.
15	Voçoroca	Localizada na porção norte da área de estudo e próxima ao canal de drenagem.
16	Voçoroca	Corte de estrada expondo os pipes e sua face de exfiltração.
17	Voçoroca	Três voçorocas em sequência e mesma direção NO-SE 304°. Comprimento em torno de 100 metros.
18	Voçoroca	Três voçorocas em sequência e mesma direção NO-SE 304°. Comprimento em torno de 100 metros.
19	Voçoroca	Três voçorocas em sequência e mesma direção NO-SE 304°. Comprimento em torno de 100 metros.
20	Voçoroca	Voçoroca, com mais de 50 metros de comprimento.
21	Voçoroca	Voçoroca, com mais de 20 metros de comprimento.
22	Voçoroca	Voçoroca junto de outras duas de maior porte. Em torno de 14 metros de comprimento.
23	Feição erosiva	Feição erosiva superficial pelo pisoteio do gado. Presença de escoamento superficial.
24	Ravina	Ocorrência por corte de estrada.
25	Feição erosiva	Feição erosiva por salpicamento. Ausência de vegetação e pisoteio de pessoas e gado.

26	Feição erosiva	Feição erosiva por salpicamento. Ausência de devegetação e pisoteio de pessoas e gado.
27	Feição erosiva	Feição erosiva por salpicamento. Ausência de vegetação, pisoteio de pessoas e gado e fluxo hídrico existente.
28	Feição erosiva	Feição erosiva por salpicamento. Ausência de vegetação e pisoteio de pessoas e gado.
29	Ravina	Ocorrência por corte de estrada.
30	Ravina	Ocorrência por corte de estrada.
31	Ravina	Ocorrência por corte de estrada.
32	Ravina	Ocorrência por corte de estrada.
33	Feição erosiva	Feição erosiva por salpicamento. Ausência de vegetação e pisoteio de pessoas e gado.
34	Feição erosiva	Feição erosiva por salpicamento. Ausência de vegetação e pisoteio de pessoas e gado.
35	Feição erosiva	Feição erosiva por salpicamento. Ausência de vegetação e pisoteio de pessoas e gado.
36	Feição erosiva	Feição erosiva por salpicamento.
37	Feição erosiva	Feição erosiva por salpicamento.
38	Feição erosiva	Feição erosiva por salpicamento.
39	Feição erosiva	Feição erosiva por salpicamento e com intenso movimento de pessoas
40	Feição erosiva	Feição erosiva por salpicamento e com intenso movimento de pessoas
41	Feição erosiva	Feição erosiva por salpicamento e com intenso movimento de pessoas
42	Feição erosiva	Feição erosiva por salpicamento e com intenso movimento de pessoas
43	Feição erosiva	Feição erosiva por salpicamento e com intenso movimento de pessoas
44	Feição erosiva	Feição erosiva por salpicamento e com intenso movimento de pessoas



Figura 49: Processo de voçorocamento.



Foto: Igor Oliveira, 2016.

Figura 50: Pequena voçoroca em corte de estrada.



Foto: Igor Oliveira, 2016.

Figura 51: Voçoroca em corte de estrada com outras duas menores junto à ela.



Foto: Igor Oliveira, 2016.

Figura 52: Plantio de bambus como forma de tentativa de controle de voçoroca.



Foto: Igor Oliveira, 2016.



Figura 53: Grande voçoroca na área de estudo com mais de 100 metros de comprimento.



Foto: Igor Oliveira, 2016.

Figura 54: Grande voçoroca na área de estudo.



Foto: Igor Oliveira, 2016.

Figura 55: Escarificação e fluxo superficial.



Foto: Igor Oliveira, 2016.

Figura 56: Ravina em corte de estrada.



Foto: Igor Oliveira, 2016.



Figura 57: Pequena voçoroca em local de declividade acentuada.  
Foto: Igor Oliveira, 2016.



Figura 58: Processo de escarificação na área de estudo com a presença de escoamento superficial e pisoteio de gado. Foto: Igor Oliveira, 2016.

## 9.

### Conclusões

Com base nos dados mapeados em campo, referenciais teóricos e análise em ambiente SIG pudemos chegar a algumas conclusões quanto à bacia do Córrego das Palmeiras. Os métodos de pesquisa empregados neste trabalho foram de suma importância para que pudéssemos chegar à análise final. Esta análise consistiu na observação de diversos aspectos relativos à área de estudo, como: substrato geológico; cobertura vegetal; histórico da área; interferência antrópica; declividade; e drenagens.

Cada dado levantado gerou conclusões acerca dos processos erosivos da área de estudo. Desta forma, não poderíamos analisá-los de forma separada, a visão holística foi preponderante para as conclusões obtidas. Apresentamos a seguir, algumas das conclusões obtidas:

- 1- A morfologia da área de estudos está diretamente relacionada a seu arcabouço de evolução da paisagem geológica e geomorfológica, levando em conta um aspecto de grande importância, a quebra do Gondwana. Este evento teve grande influência em todo o continente sul-americano e principalmente na região estudada que a partir do rebaixamento de seu nível de base, ainda hoje busca uma “adequação” a este nível de base.
- 2- Os knickpoint desempenham um papel de grande importância na área de estudo. Sua importância pode ser percebida através da geração de grandes alvéolos à montante e também por ser um importante limitador do processo de rebaixamento do nível de base. A partir dos dados obtidos pudemos constatar que o número de processos erosivos à montante de importantes knickpoint são muito menores que à jusante, atuando assim como um limitador de voçorocas e suas expansões. Os knickpoint mapeados podem estar relacionados a uma litologia mais resistente que as demais e estes se encontram nos eixos dos vales locais.
- 3- No momento em que ocorrer o rompimento de um knickpoint de grande importância para a área de estudo, diversos processos erosivos poderão ser detonados à montante, visto que não haverá mais nenhuma barreira para o ajuste ao nível de base.



- 4- O cruzamento de dados de declividade com processos erosivos, e as observações de campo, nos apresentam que o grau de inclinação dos morrotes e colinas da área de estudo são um importante fator para a geração de processos erosivos, visto que há um grande fluxo de água correndo superficialmente em eventos pluviométricos durante o período de chuvas mais intensas. A hipsometria nos apresentou que além de alta declividade, os morrotes se apresentam como verdadeiras ladeiras para a água gerar mais velocidade e com isso carregar mais sedimentos para a sua base.
- 5- A climatologia da região com um clima tropical úmido, caracterizado por suas chuvas intensas contribui diretamente para ocorrência de processos erosivos a partir do escoamento superficial, como mencionado no tópico anterior, como via escoamento subsuperficial e a consequente geração de túneis subterrâneos, os quais podem dar origem à voçorocas.
- 6- Os canais de drenagem da região também apresentaram um número significativo de processos erosivos, de modo que podemos relacionar os eixos de drenagem à geração de voçorocas a partir de uma mudança abrupta da hipsometria em poucos metros.
- 7- Os aspectos apresentados são de suma importância para a geração de processos erosivos. Estes, aliados ao histórico de uso do solo e ao atual padrão de uso e cobertura da área de estudo acabam se potencializando e atuando como importantes geradores de processos erosivos.
- 8- Com relação ao histórico de uso solo devemos destacar a retirada de cobertura vegetal e a compactação do solo por meio do pisoteio de gado. Mais atualmente, destacamos tanto o pisoteio do gado, como os recorrentes cortes de estrada em vertentes, os quais apresentaram um número enorme de processos erosivos em suas encostas, tanto de ravinas como de voçorocas, sendo este o principal detonador de processos erosivos da área de estudo nos tempos atuais.

Por fim, devemos destacar que o fator preponderante para a ocorrência de voçorocas na área de estudo é a evolução da paisagem geológica e geomorfológica. O atual nível de base da região é o Rio Paraíba do Sul, o qual está a uma amplitude relativamente alta de algumas áreas bem próximas a ele,

como os morrotes da área de estudo. Por ser uma área com alto potencial erosivo, devido a sua litologia, alto percentual de solo (e não rocha sã) e altos valores pluviométricos, esta região acaba originando estes processos erosivos incisivos, os quais são uma das formas de ajuste do relevo perante a este nível de base.

As voçorocas ocorreriam naquela região mesmo que o período cafeeiro e o uso do solo não tivessem sido intensos, porém, estes têm uma grande participação como potencializadores de processos erosivos na área de estudo e em boa parte da região do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul.



## Referências bibliográficas

AB'SABER, A. N. **O problema das conexões antigas e da separação da drenagem do Paraíba e do Tietê**. Geomorfologia 26. São Paulo, Instituto de Geografia da USP, p. 38-49. 1957.

\_\_\_\_\_. **O Sítio Urbano da cidade de São Paulo**. In: Aroldo de Azevedo (org): **A cidade de São Paulo: estudo de geografia urbana**. São Paulo. Companhia Editora Nacional. Coleção Brasileira, vol. 14, p. 169 – 243. 1958.

\_\_\_\_\_. O domínio dos “mares de morros” no Brasil. Geomorfologia, São Paulo, n.2, p. 1-9, 1966.

\_\_\_\_\_. Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas no Brasil. Orientação, São Paulo, n. 3, p. 45-48, 1967.

\_\_\_\_\_. **Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil**. Geomorfologia, n. 20, 1970.

\_\_\_\_\_. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, p. 9-26. 2003.

ALMEIDA, J. C. H. ; DIOS, F. ; MOHRIAK, W.; VALERIANO, C. M.; HEILBRON, M.; EIRADO, L.G.; Tomazzoli, E. . **Pre-rift tectonic scenario of the Eo-Cretaceous Gondwana break-up along SE Brazil-SW Africa: insights from tholeiitic mafic dyke swarms**. Geological Society Special Publication , v. 369, p. SP369.24-40, 2013.

ALMEIDA, F. F. M. & CARNEIRO, C. D. **Origem e evolução da Serra do Mar**. Revista Brasileira de Geociências, no 28(2), pp. 135-150. 1998.

ALMEIDA, J. C. H. ; SILVA, L. G. E.; VALLADARES, C. **O Grupo Paraíba do Sul e Rochas Granitóides na Região de Bananal-SP e Rio Claro-RJ: Uma Proposta de Formalização Litoestratigráfica**. In: III Simpósio de Geologia do Sudeste, 1993, Rio de Janeiro. Atas do Simposio de Geologia do Sudeste. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 1993. v. 3. p. 155-160.

ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y. & CARNEIRO, C.D.R. **O lineamento de Além Paraíba**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 47(3/4), p.575. 1976.

ALMEIDA, F.F.M. de . **The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil**. An. Acad. bras. Ciênc., 48:15-26. 1976.

AVELAR, A.S. & COELHO NETTO, A.L. (1992). **Faturas e desenvolvimento de unidades geomorfológicas côncavas no médio vale do rio Paraíba do Sul**. Revista Brasileira de Geociências, 22(2), p.222-227.

BENDA, L. **The influence of debris flws on channels and valleys floors in the Oregon Coast Range, USA**. Earth Surface Processes and Landforms,15, p.457-466. 1990.

BERRY, L. & RUXTON, B. P. **The evolution of Hong Kong Harbour Basin.** Annals of Geomorphology, 4, 1960. 97-115.

BIGARELLA, J.J.; MOUSINHO, M.R.; SILVA, J.X. (1965). **Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil.** Boletim Paranaense de Geografia, 16/17, Curitiba, p.117 a 151. 1965.

BIGARELLA, J.J. & MOUSINHO, M.R. **Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvios e várzeas.** B. Paran. Geogr., Curitiba, 16/17: 153-197. 1965.

BOUCHARD, A.; DOMON, G. **The transformations of the natural landscapes of the Haut-Saint-Laurent (Quebec) and their implications on future resource management.** Landscape Urban Plann. v. 37, p. 99–107, 1997.

CAMBRA, M.F.E.S.; DANTAS, M.E. ; EIRADO, L.G. & COELHO NETTO, A.L. **Litoestruturas pré-cambrianas no controle do voçorocamento atual: subsídios à modelagem sobre expansão da rede de canais na bacia do rio Piracema (SP/RJ).** In: Simpósio Nacional de Geografia Física Aplicada, 6, v.1, Goiânia/GO, p.487-492. 1995.

CARVALHO FILHO, A.; LUMBRERAS, J. F. & SANTOS, R. D. **Os solos do estado do Rio de Janeiro.** Estudo geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. 1ed. Brasília: CPRM, v. 1, p. 1-35. 2001.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** Ed. Edgard Blucher Ltda e EDUSP.1974.

CHRISTOFOLETTI, A. **Considerações sobre o nível de base, rupturas de declive, capturas fluviais e morfogênese do perfil longitudinal.** Geografia, 2 (4), .1977. p. 81-102.

COELHO NETTO, A.L.; FERNANDES, N.F. & DEUS, C.E. (1988). **Gullying in the Southeastern Brazilian Plateau.** In: Sediment Budgets. IAHS Publication, 174, p.35-42. 1988.

COELHO NETTO, A.L. **Catastrophic landscape evolution in a humid region (SE Brazil): inheritances from tectonic, climatic and land use induced changes.** Suplemento di Geografia Física e Dinâmica Quaternária III, Plenary Lecture – IV International Conference on Geomorphology, Bologna – Itália. p. 21-48. 1999.

\_\_\_\_\_. **Evolução de cabeceiras de drenagem no médio vale do rio Paraíba do Sul (SP/RJ): bases para um modelo de formação e crescimento da rede de canais sob controle estrutural.** Revista Brasileira de Geomorfologia, 4(2), UGB, p.69-100. 2003.

DANTAS, M.E. & COELHO NETTO, A, L. **Morfologia dos fundos de vales da bacia do rio Bananal (RJ-SP): médio vale do rio Paraíba do Sul.** In: IV Simpósio de Geografia Física Aplicada, Porto Alegre/RS – Annais, p.113-120. 1991.

DANTAS, M.E.; EIRADO, L.G. & COELHO NETTO, A.L. **Spatially non uniform sediment storage in fluvial systems: the role of bedrock knickpoints in the Southeastern Brazilian Plateau.** In: International Sedimentology Congress, 14, Recife/PE - IAS, J11-12. 1994.

DANTAS, M. E. **Controles naturais e antropogênicos na sedimentação fluvial, espacialmente não uniforme, na bacia do rio Bananal (SP/RJ): Médio Vale do rio Paraíba do Sul;** (Mestrado) PPGG/UFRJ. Dissertação e Mestrado, Departamento de Geografia, UFRJ. 1995.

DANTAS, M.E. & COELHO NETTO, A.L. **Taxas de Sedimentação e de Rebaixamento do Relevo: bacia do Rio Piracema (RJ/SP), médio vale do rio Paraíba do Sul.** Sociedade & Natureza, 8(15), UFU – Uberlândia/MG, p. 61-65. 1996.

DANTAS, M.E. **Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro,** In: Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. Brasília/CPRM. Mapa. CDROM. 63p. 2001.

DANTAS, M.E.; FERNANDES, L.F.R.; AVELAR, A.S. & COELHO NETTO, A.L. **Caracterização geomorfológica da bacia do rio Sesmarias (SP/RJ) – Médio Vale do rio Paraíba do Sul.** In: Simpósio de Nacional de Geomorfologia, 9, Rio de Janeiro, Anais CDROM, Rio de Janeiro, UGB. 2012.

DANTAS, M.E.; SHINZATO, E.; PALMA, L.H.; MORAES, J.M.; MACHADO, M.F.; NOGUEIRA, A.C.; RIBEIRO, R.S. & LOPES, N.D. **Geomorfologia e suscetibilidade a movimentos de massa e inundações – Baixo-Médio Vale do rio Itabapoana – RJ/ES.** In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 9, Cuiabá, Anais CD-ROM, São Paulo, ABGE. 2015.

DAVIS, W.M. **Base-level, grade, and peneplain.** Journal of Geology, v.10, p.77-111. 1902.

DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da mata atlântica brasileira.** São Paulo: Companhia das Letras, 1996. 484p.

DE MARTONNE, E. **Problemas morfológicos do Brasil tropical atlântico.** Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, v. 6, n. 2, p. 155-178, 1994.

DEUS, C. E. **O papel da escavação das formigas do gênero "Alta" na hidrologia de encostas em áreas de pastagem – Bananal / SP.** Tese de Mestrado (IGEO/UFRJ), 235p, 1991.

EIRADO, L.G.; DANTAS, M.E. & COELHO NETTO, A.L. **Condicionantes lito-estruturais na formação dos níveis de base locais (“knickpoints”) e implicações geomorfológicas no médio vale do rio Paraíba do Sul (RJ/SP).** In: Simpósio de Geologia do Sudeste, 3, Rio de Janeiro, Atas, Rio de Janeiro, SBG/UERJ, p. 96-101. 1993.

EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 3.ed. Brasília/DF. Embrapa. 353 p.; il. Color.; cm x cm. (16x23). 2013.

ELLIS E.C, KAPLAN J.O., FULLER D.Q, VAVRUS , KLEIN G. K, et al. **Used planet: A global history**. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2013. 110: 7978–7985.

ELLISON, W.D. **Soil erosion studies - Part I: Agric.** Eng. 28:. 1945.145-146.

EVANS, G. W. “**Environmental Cognition.**” Psychological Bulletin 88.2 .1980. 259–287.

FORMAN, R. T. T. **Land mosaics, the ecology of landscapes and regions**. New York: Cambridge University press, 1995.

GLOCK, W.S. **The development of drainage systems: synoptic view**. Geography Rew/iew, 21: p. 475-482, 1931.

GOUDIE, A.S. & VILES, H.A. **The Earth Transformed**, Blackwell. 1997.

GUERRA, A.J.T. (1991). **Avaliação da influência das propriedades do solo na erosão com base em experimentos utilizando um simulador de chuvas**. Anais do IV Simpósio de Geografia Física Aplicada, Porto Alegre, 1991, p. 260-266.

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo (Cap. 1). In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S; BOTELHO, R. G. M. (orgs.). **Erosão e Conservação dos Solos – Conceitos, Temas e Aplicações**. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 1999.

GUERRA, A.J.T. & MARÇAL, M.S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; COIMBRA, A.M.. **The Ribeira Folded Belt**. Rev. Bras. Geoc., 5:257-266. 1975.

HEILBRON M., VALERIANO C., VALLADARES C.S., MACHADO N.. **A orogênese brasileira no segmento central da Faixa Ribeira, Brasil**. Revista Brasileira de Geociências, 25(4), p.249-266. 1995.

HEILBRON, M.; EIRADO, L.G.; VALERIANO, C.; TUPINAMBÁ, M.; ALMEIDA, J.C.H.; ROCHA, A.; NAVA, D.; MIRANDA, A.; ALMEIDA, C.G. **Mapa Geológico da Folha Barra do Piraí, incluindo Recursos Minerais - Programa Geologia do Brasil**. Pronageo. CPRM-UERJ. 2007.

HORTON, R.E. **Erosional development of streams and their drainage basins, hydrophysical approach to quantitative morphology**. Geological Society American Bulletin vol. 56 pp. 275-316, 1945.

HOWARD, A.D. **Geomorphological systems-equilibrium and dynamics**. American Journal Science, v.263, p.302-312. 1965.

Howell D. G. **Tectonic of suspect terranes: Mountain building and continental growth**. London, Chapman and Hall, 232 pp. 1989.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Noções Básicas de Cartografia**. Rio de Janeiro: IBGE/Departamento de Cartografia, 2005.

Instituto Nacional de Educação Tecnologia e Pesquisa. **Inventário dos Bens Imóveis de Barra do Piraí e Distrito de Ipiabas** / Simone Alves Reis coord. – Rio de Janeiro; RJ: Ed. INETEP, 2011.

KÖPPEN, W. **Climatologia: Comum estudo de los climas de la tierra**. Mexico: Fundo de Cultura Econômica. 1984.

LAMEGO, A. R. **O homem e a serra**. Rio de Janeiro. IBGE, 1963.

LIMA, R. G. S. **O Ciclo do Café Vale-paraibano**. A Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Rio de Janeiro, IHGRJ, ano 12, no 12, 2003, páginas 237 a 263. 2003.

MARTONNE, E. **Problemas morfológicos no Brasil tropical atlântico**. Revista Brasileira de Geografia, ano I, n. 4, pp. 523-550. 1943.

MOURA, J.R. da; MELLO, C.L.; SILVA, T.M. da; PEIXOTO, M.N. de O. **“Desequilíbrios Ambientais” na Evolução da Paisagem: o Quaternário Tardio no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul**. In: 37º Congresso Brasileiro de Geologia. Sessões Temáticas. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia. v.2, p.309-310, 1992.

MEIS, M.R.M. & MONTEIRO, A.M.F. **Upper Quaternary "Rampas": Doce River Valley, SE Brazilian Plateau**. Zeitschrift für Geomorphologie, 23(2), p.132-151. 1979.

MEIS, M.R.M. & MOURA, J.R.S. **Upper Quaternary Sedimentation and Hillslope Evolution: SE Brazilian Plateau**. American Journal of Science, 284, p.241-254. 1984.

OLIVEIRA, J.B. **Pedologia aplicada**. 2.ed. Piracicaba. FEALQ, 2005. 574 p. il. color.

PEIXOTO, M.N.O. & MOURA, J.R.S. **Estocagem de sedimentos no domínio de colinas do médio vale do rio Paraíba do Sul**. In: In: Simpósio Nacional de Geografia Física Aplicada, 5, Anais, São Paulo/SP, p. 221-224. 1993.

RESENDE, M. **Mineralogia de solos brasileiros: interpretação e aplicações. Lavras/MG**. Editora UFLA. 192p, il. 2005.

ROCHA LEÃO, O.M.; LEAL, P.V. & COELHO NETTO, A.L. **Condicionantes geohidroecológicos de voçorocamentos em cabeceiras de drenagem, Bananal-SP**. In: Simpósio Nacional de Geografia Física Aplicada, 10, Rio de Janeiro/RJ, CD-ROM. ROSS, J.L.S. (1990). Geomorfologia: Ambiente e Planejamento. São Paulo, Contexto, 85p. (série Repensando a Geografia). 2003.

RICCOMINI, C. **O Rift Continental do Sudeste do Brasil**. São Paulo, 1989. 256p. (Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo).

ROCHA LEÃO, O.M. & COELHO NETTO, A.L. **Iniciação, propagação e controle de voçorocamentos em cabeceiras de drenagem – Bananal – SP**. VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão Goiânia (GO). 2001.



POESEN, J. **Gully typology and gully control measures in the european loess belt.** Soil erosion on Agricultural Land. Leuven.1993 p. 513-550.

SALVADOR, E. D. **Análise neotectônica da região do vale do Rio Paraíba do Sul compreendida entre Cruzeiro (SP) e Itatiaia (RJ).** UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS. Dissertação de mestrado Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar. São Paulo, 1994.

SAVAT, J. **Laboratory experiments on erosion and deposition of loess by laminar sheetflow and turbulent rillflow.** Semninar on agricultural soil erosion in temperate non-mediterranean climate. Universite Louis Pasteur, Strasbourg, 139-143. 1979.

STEIN, S.J. **A grandeza e a decadência do café no Vale do Paraíba.** Ed. Brasiliense, 361 p, 1961.

STEIN, S. J. **Vassouras: um município brasileiro do café, 1850-1900.** Rio de Janeiro: Nova Fronteira. 1985.

VALVERDE, Orlando. **Geografia Econômica do Estado do Rio de Janeiro.** Anuário Geográfico do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: IBGE, n.13, p. 184-192, 1960.

\_\_\_\_\_. **A fazenda de café escravocrata, no Brasil.** Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro: IBGE, v. 29, n.1, jan./mar., 1967.

YOUNG, R.A. WIERSMA, J. **The role of rainfall impact in soil detachment and transport.** Water Resources Research, Washington, v.9, n.6, p.1629-1636, 1973.