

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

ALEXANDRE DE CASTRO SANTOS PINTO

“Análise morfométrica de duas sub-bacias hidrográficas no Planalto de
Paraibuna-Paraitinga, Município de Cunha, SP”

São Paulo – São Paulo

2020

ALEXANDRE DE CASTRO SANTOS PINTO

Analise morfométrica de duas sub-bacias hidrográficas no Planalto de Paraibuna-Paraitinga, Município de Cunha, SP

Monografia, apresentada ao Curso de Geografia da Universidade de São Paulo para Obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador:

Prof. Dr. Reinaldo Paul Perez Machado

ALEXANDRE DE CASTRO SANTOS PINTO

Análise morfométrica de duas sub-bacias hidrográficas no Planalto de Paraibuna-Paraitinga, Município de Cunha, SP

Monografia, apresentada ao Curso de Geografia da Universidade de São Paulo para Obtenção do título de Bacharel em Geografia, em 14 de Agosto de 2020.

Aprovação: 14 / 08 / 2020, com a Nota 10 (Dez)

Banca

Prof Dr Jurandyr Luciano Sanches Ross

Prof Dr Fernando Nadal Junqueira Villela

Orientador

Prof Dr Reinaldo Paul Perez Machado

Para Luciane,

Dada a vastidão do espaço e a imensidão do tempo, é uma Alegria poder
compartilhar um planeta e uma época com você

(Carl Sagan)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que estiveram presente na trajetória deste trabalho.

Ao Professor Reinaldo Paul Perez Machado, pela orientação acadêmica e profissional, se são poucas palavra é porque elas me faltam.

Aos professores do Departamento de Geografia da USP, com destaque para Mario de Biasi, Jurandyr Ross, Ana Maria Marangoni e Flavio Sammarco Rosa, pela convivência tão importante.

A todos os colegas profissionais das empresas CNEC, ESRI, GEMPI, IMAGEM e CONCREMAT, entre outras, que são pessoas demais para citar cada uma, pelas oportunidades de aprendizado e crescimento.

Aos Amigos da Ambgis e da Prime engenharia, Alexandre Degan Perussi, Marcelo Costa, Jansen Furuta Jose, Eliete Figueredo, Carlos Henrique Aranha, Guillermo Raul Fernandes d'Oliveira (*in memoriam*).

Ao amigo que considero um irmão, Rogério Peter de Camargo, nunca conseguirei agradecer o suficiente.

RESUMO

O presente trabalho objetivou demonstrar a aplicação de metodologia morfométrica na caracterização de duas sub-bacias hidrográficas, tendo como base modelos matemáticos e as ferramentas de Geoprocessamento. Os modelos matemáticos, o grande trabalho manual, o cruzamento dos dados em SIG e as observações em campo possibilitaram avaliar como os fatores hidrográficos, de relevo e cobertura do solo estão relacionados à processos morfodinâmicos e ao embasamento litológico. Os resultados indicaram que os processos geológicos de falhas e fraturas condicionam a geometria dos corpos d'água. No trabalho de campo identificou-se que recuperação da cobertura vegetal é fator preponderante para estabilização de vertentes e do retorno de várias nascentes.

Palavras Chave: Cartografia, Geoprocessamento, Sistema de Informação Geográfica, Geomorfologia, Morfometria, Hidrologia, Bacias Hidrográficas, Serra do Mar, Planalto de Paraitinga-Paraibuna, Núcleo Cunha-Indaiá.

ABSTRACT

The present work aimed to demonstrate the application of morphometric methodology in the characterization of two hydrographic basins, based on mathematical models and Geoprocessing tools. The mathematical models, the great manual work, the crossing of the data in GIS and the observations in the field allowed to evaluate how the hydrographic factors, of relief and cover of the ground are related to the morphodynamic processes and to the lithological basement. The results indicated that the geological processes of faults and fractures condition the geometry of water bodies. In the field work, it was identified that the recovery of the vegetal cover is a preponderant factor for stabilization of slopes and the return of several springs.

Keywords: Cartography, Geoprocessing, Geographic Information System, Geomorphology, Morphometry, Hydrology, Watersheds,, Serra do Mar (mountain range), Paraitinga-Paraibuna Plateau, Cunha-Indaiá center.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - localização no estado de São Paulo.....	3
Figura 2 - localização Regional e Unidades de Conservação Próximas.....	4
Figura 3 - Localização das Bacias	5
Figura 4 - Geomorfologia de São Paulo (Almeida, 1964)	6
Figura 5 - UGRHI do Estado de São Paulo	7
Figura 6 - Geologia da área de Estudo (CPRM, 2011)	10
Figura 7 - Geomorfologia da área de Estudo.....	12
Figura 8 - Exemplos de ocorrência de cotovelos na bacia 2.....	13
Figura 9 - Mapa de Solos.....	15
Figura 10 - Fotografia aérea em 1977	17
Figura 11 - Fotografia aérea em 2010/2011	18
Figura 12 - Processo de digitalização de Curvas de Nível e Hidrografia	26
Figura 13 - Evolução da Vegetação.....	28
Figura 14 – Atualização da Hidrografia da bacia 1	31
Figura 15 - Ordenação das Sub-bacias na Bacia 1	31
Figura 16 - Identificação do Canal Principal da Bacia 1	32
Figura 17 - Perfil topográfico da Bacia 1	34
Figura 18 - Perfil Longitudinal da Bacia 1	35
Figura 19 - Atualização Hidrográfica da Bacia 2.....	37
Figura 20 - Ordenação das sub-bacias da Bacia 2.....	37
Figura 21 - Identificação do Canal Principal da Bacia 2	38
Figura 22 - Perfil topográfico da Bacia 2.....	40
Figura 23 - Perfil longitudinal da Bacia 2	41
Figura 24 - Curvas Hipsográficas	43
Figura 25 - Carta Clinográfica Geral	44
Figura 26 - Classificação das Vertentes	46

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1 - Encachoeiramento por dique no Rio Paraibuna	9
Imagem 2 - Visão do Rio Paraibuna e Bacia 2	11

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ordenação dos Canais na Bacia 1	32
Tabela 2 - Relação dos Comprimentos dos canais por ordem na bacia 1.....	33
Tabela 3 - Ordenação dos Canais na Bacia 2	38
Tabela 4 - Relação dos Comprimentos dos canais por ordem na bacia 2.....	39
Tabela 5 - Resumo dos índices morfométricos.....	42

LISTA DE SIGLAS

CNUC	Cadastro Nacional de Unidades de Conservação
CPRM	Serviço Geológico do Brasil (antiga Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais)
EMPLASA	Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A
IGC	Instituto geográfico e cartográfico
PESM	Parque Estadual da Serra do Mar
PN	Parque Nacional
UGRHI	Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UTM	Universal Transversa de Mercator
USP	Universidade de São Paulo

Índice

1 - Introdução	1
2 - Caracterização Geral da Área de Estudo.....	3
2.1 - Localização.....	3
2.2 - Características Gerais	7
2.3 - Geologia.....	8
2.4 - Geomorfologia.....	11
2.5 - Clima	13
2.6 - Pedologia	14
2.7 – Cobertura e Uso e Ocupação da Terra	15
3 - Metodologia	19
3.1 – Materiais.....	20
3.2 - Técnicas/Aplicações Metodológicas	20
Análise de área.....	20
Análise linear	22
Análise de Altitude	23
4 – Desenvolvimento do Trabalho.....	25
4.1 – Caracterização da Bacia I	30
Análise de área:.....	30
Análise linear:	30
Análise de Altitude	33
4.2 - Caracterização da Bacia II.....	36
Análise de área:.....	36
Análise linear:	36
Análise de Altitude	39

5 – Resultados	42
6 - Conclusões	47
7 - REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	48

1 - Introdução

Este trabalho teve por objetivo a utilização de técnicas e metodologias cartográficas aplicadas à caracterização e análise comparativa de duas sub-bacias que se encontram em uma área de contato litológico, o que permitiu o estudo de geomorfologias levemente distintas, embora pertencentes ao mesmo ambiente climático e biótico.

Quando dizemos 'área de contato litológico' estamos pensando em um local de encontro de dois grupos de rochas de origens ou evoluções diferentes, que podem estar estáveis ou formando um sistema de forças antagônicas. Desta oposição de forças e materiais, surgem diversas formas de relevo, muitas das quais pudemos notar na área em questão.

E somando-se às forças endógenas acima citadas, estão os processos exógenos, que modificam o relevo em função de suas intensidades: clima e regime hídrico, resistência do solo e vegetação e uso do solo.

Quanto de cada umas dessas forças estão atuando nas bacias em questão? Seriam os processos erosivos um elemento de acentuação da diferenciação entre as duas sub-bacias ou de generalização das características de relevo? As formas do relevo e da hidrografia são influenciadas, principalmente, por endogenia ou exógenia? A cartografia base e suporte de campo, são suficientes para elucidar estas questões?

Para responder a essas perguntas foi necessário medir as características principais das bacias, conectá-las com os elementos formadores dessas características e, em seguida, identificar as semelhanças e diferenças. Por cruzamento de informações, distinguiram-se os elementos comuns que influenciam os indicadores medidos.

Como objetivos principais do presente trabalho se apresentam a obtenção de carta de classificação de setores de vertente e a avaliação comparativa por morfometria, a partir de variáveis objetivas, entre duas sub-bacias hidrográficas, considerando que estas estão em oposição quanto a orientação na vertente e, uma delas em dois ambientes litológicos distintos, entretanto, apresentando mesmo uso e cobertura vegetal, e mesma característica climática; e, a representação cartográfica, sua técnica e sua estética.

Como objetivos secundários se podem destacar: caracterização geral das duas bacias hidrográficas; demonstrar mapeamentos temáticos em função das variáveis morfométricas; discussão e montagem das variáveis objetivas; Aplicação de diversas técnicas de caracterização de Bacias Hidrográficas; Avaliação de novas técnicas de obtenção de dados e análise; Aprimoramento das técnicas de captura, conversão e manutenção de dados geográficos digitais; e, Mapeamento da evolução da cobertura vegetal e sua influência no retorno de nascentes e cursos d'água.

2 - Caracterização Geral da Área de Estudo

2.1 - Localização

A área, objeto deste trabalho se localiza na porção oriental do estado de São Paulo, próximo à divisa com o estado do Rio de Janeiro, estando assentada no alto vale do rio Paraíba do Sul, constituindo parte das bacias hidrográficas dos rios Paraitinga e Paraibuna.

As duas sub-bacias se localizam no núcleo Cunha-Indaiá, do parque estadual da Serra do Mar, administrado pelo Instituto Florestal, da Secretaria Estadual de Meio Ambiente. Neste núcleo, sede de campo, bem como alojamentos e laboratórios, estão situados à margem do Rio Paraibuna, em Coordenada Geográfica aproximada 23°14'07.01" S, 45°01'04.48" W (figura 1).



Figura 1 - localização no estado de São Paulo (mapa do autor)

Estas sub-bacias, alvo primordial deste trabalho, encontram-se próximas à divisa dos estados de São e Rio de Janeiro no Município de Cunha -SP, conforme pode ser observado na Figura 2, que também mostra a relação da área de estudo com

as Unidades de Conservação: Parque Estadual da Serra do Mar e Parque Nacional da Serra da Bocaina.

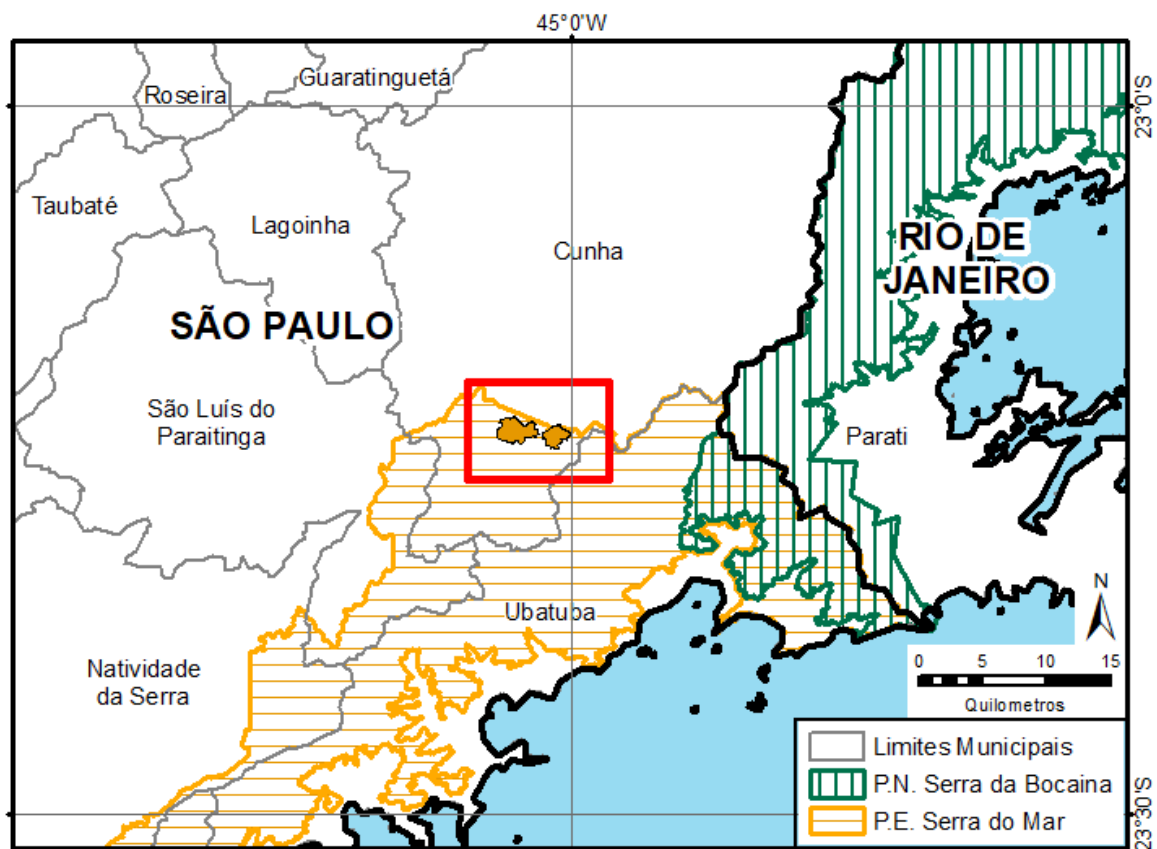


Figura 2 - localização Regional e Unidades de Conservação Próximas (fonte: IBGE, 2017, Limites municipais; CNUC, Cadastro Nacional de Unidades de Conservação, 2020) (mapa do autor)

O primeiro rio, bacia 1, denominado córrego Indaiá-Barracão, encontra-se à margem esquerda do Rio Paraibuna, a norte da Sede do núcleo. O segundo rio, bacia 2, não possui toponímia, está à margem esquerda, a oeste e frontal ao primeiro (Figura 3).

Estas sub-bacias foram escolhidas por estarem próximas entre si, que facilitaria a representação e as eventuais visitas. Também, pelo fato da bacia 1 ser uma área de monitoramento permanente das pesquisas do Núcleo Cunha-Indaiá. Importante salientar que, por sabidamente terem características topográficas nitidamente diferentes e estarem em litologias diferentes.

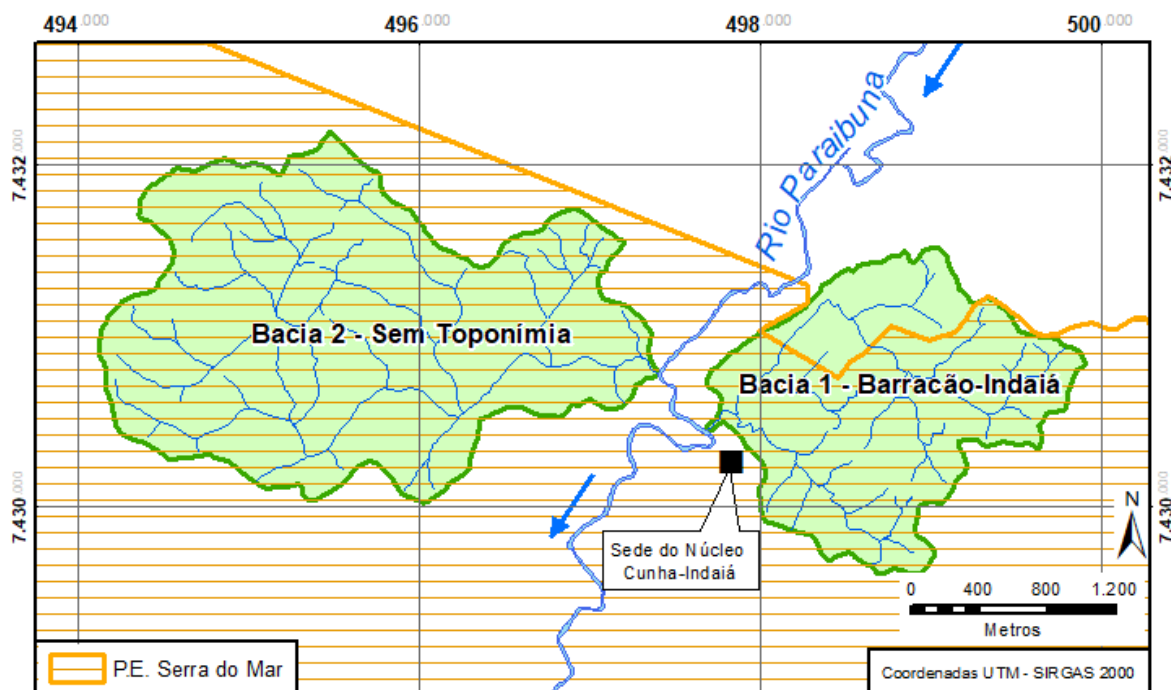


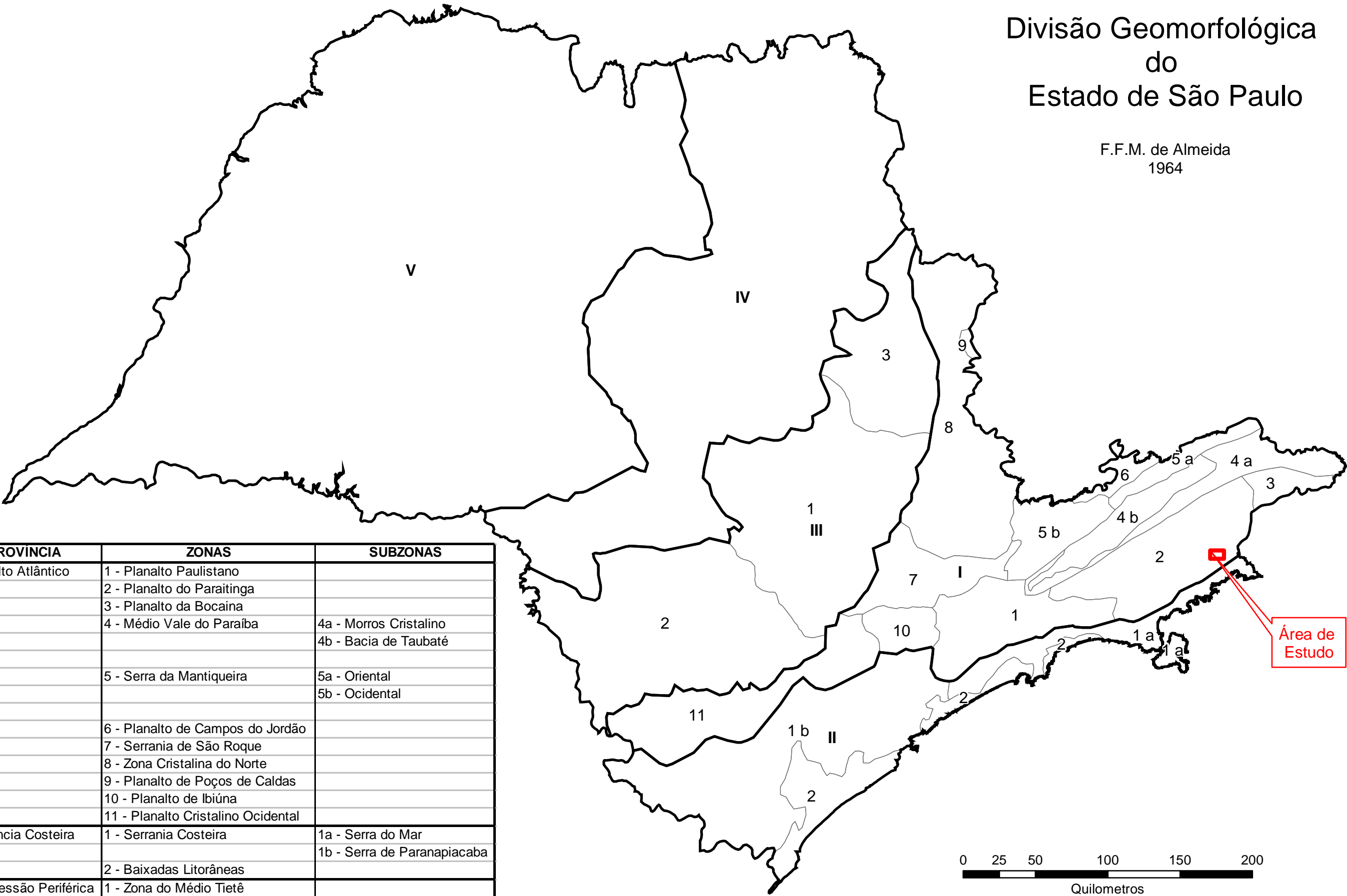
Figura 3 - Localização das Bacias (fonte: CNUC, 2020) (mapa do autor)

De acordo com a Classificação de Almeida (1964), as sub-bacias estão localizadas no alto vale do rio Paraibuna, na zona planalto do Paraitinga, mais precisamente na província planalto atlântico (figura 4).

E, segundo o Plano Estadual de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, a área de estudo se situa na Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos — UGRHI Paraíba do Sul (figura 5).

Divisão Geomorfológica do Estado de São Paulo

F.F.M. de Almeida
1964



PROVÍNCIA	ZONAS	SUBZONAS
I - Planalto Atlântico	1 - Planalto Paulistano	
	2 - Planalto do Paraitinga	
	3 - Planalto da Bocaina	
	4 - Médio Vale do Paraíba	4a - Morros Cristalino 4b - Bacia de Taubaté
	5 - Serra da Mantiqueira	5a - Oriental 5b - Ocidental
	6 - Planalto de Campos do Jordão	
	7 - Serrania de São Roque	
	8 - Zona Cristalina do Norte	
	9 - Planalto de Poços de Caldas	
	10 - Planalto de Ibiúna	
	11 - Planalto Cristalino Ocidental	
II - Província Costeira	1 - Serrania Costeira	1a - Serra do Mar 1b - Serra de Paranapiacaba
	2 - Baixadas Litorâneas	
III - Depressão Periférica	1 - Zona do Médio Tietê	
	2 - Zona do Paranapanema	
	3 - Zona do Mogi Guaçu	
IV - Cuestas Basálticas		
V - Planalto Ocidental		

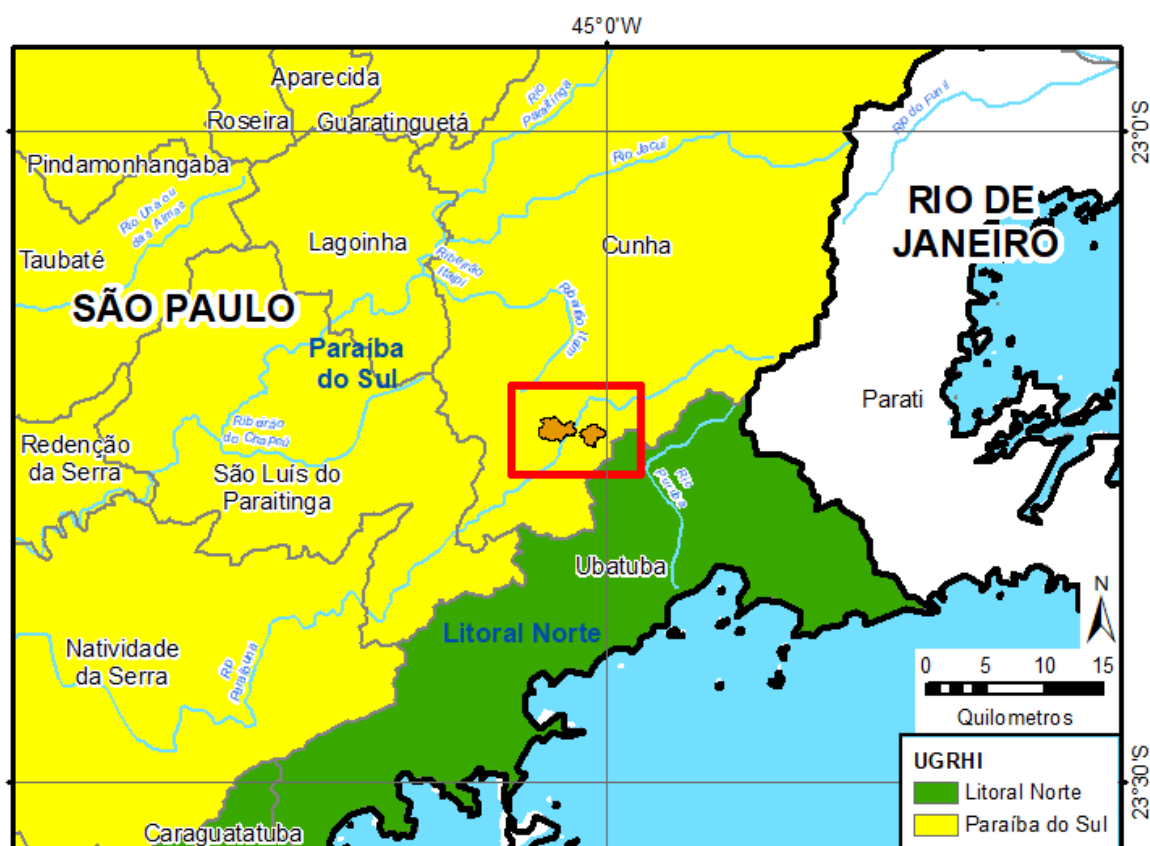


Figura 5 - UGRHI do Estado de São Paulo (fonte: IBGE, 2017, Limites municipais; IGC, Instituto Geográfico e Cartográfico, 2014) (modificado pelo autor)

2.2 - Características Gerais

Durante maior período de tempo do século XX, a área de estudo pertenceu à Fazenda Barracão, envolvida na extração de madeira. Quando da criação do Parque da Serra do Mar - Núcleo Cunha, na década de 70, e consequente desapropriação da Fazenda Barracão, estas áreas passaram a se recompor e, atualmente, a vegetação se encontra em avançado estágio de recuperação.

As atividades exercidas no local, atualmente, são a preservação ambiental oficial, a pesquisa científica coordenada pelo Instituto Florestal, da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo e o turismo ecológico monitorado.

A soma das bacias hidrográficas dos rios Paraitinga e Paraibuna, perfazem uma área total de, aproximadamente, 4.400 Km² (PRANDINI et al, 1982).

Segundo ALMEIDA (1964), o planalto de Paraitinga é “cristalino de estrutura complexa, maturamente dissecado, com relevo de ‘mar de morros’, e longas serras

longitudinais. Suas altitudes, que decrescem para WSW, alcançam cerca de 1300 m, com amplitudes locais de relevo que, não raro, atingem valores de 200 a 300m. O autor destaca ainda os rios "(...), com numerosas corredeiras e cachoeiras, e extrema adaptação às estruturas" (op.cit.: p.189)

FURIAN (1987), em sua dissertação de Mestrado, assim descreve essa unidade:

“O Planalto de Paraitinga apresenta compartimentos distintos, um dos quais contém a bacia do Paraibuna, que se individualizam num sub-setor caracterizado por um maior encaixamento da drenagem, em planícies aluviais restritas e morros paralelos com vertentes escarpadas. (...) Este setor do planalto está encaixado e limitado a leste e oeste por dois complexos sistemas de falhas transcorrentes, com direção estrutural ENE.”.

2.3 - Geologia

O planalto de Paraitinga apresenta relevo muito dissecado, estando à borda da escarpa denominada ‘Serra do Mar’. Sendo referida como o reverso continental desta. Todavia, ALMEIDA (1964), concorda apenas com a dissecação do relevo.

O relevo é dominado pelos espigões alongados com cimos ondulados e traçados sinuosos, preferencialmente orientadas no sentido ENE. “Em detalhe, seus traçados refletem a presença de fraturas, que explicam as orientações NNW do rio Paraibuna...” (ALMEIDA, 1964, p.191).

Este relevo é embasado por resistentes gnaisses facoidais, e gnaisses graníticos (ALMEIDA, 1964)., frutos do metamorfismo imposto à área desde o pré-cambriano inferior (KNECHT, 1964). Também é profundamente dissecado por erosão diferencial.

O metamorfismo, acentua-se no prolongamento das linhas estruturais para NE, por dobramentos e falhamento escalonado, e por intrusões de batólitos de granito, pegmatito e micaxistos (KNECHT, 1964), que são concordantes às falhas transcorrentes, gerando a enormidade de soleiras, que controlam níveis de base locais, constatados em todo o planalto, em especial na área de estudo.

Ao processo metamórfico de gnaissificação, soma-se o soerguimento de todo o compartimento, durante a epirogênese huroniana, no neoproterozóico.

Este processo de Diastrofismo, na área em estudo, produziu os inúmeros falhamentos e fraturas, devido à rigidez do material oriundo do pré-cambriano inferior. Também permitiu as intrusões de rochas ácidas e mineralização plutônica, largamente verificada no núcleo cunha-indaiá nos diques expostos ao longo do rio Paraibuna e de seus afluentes (imagem 1) em afloramentos de quartzo em veios.



Imagem 1 - Encachoeiramento por dique no Rio Paraibuna (foto do autor)

Conforme pode ser observado na Figura 6 duas litologias principais afloram:

1 - Rochas granitoides calcialcalinas do Tipo I - Natividade da Serra (NP3aY2I nas), do pré-cambriano - proterozóico, com alguns enclaves de migmatitos e ectinitos. Esta litologia ocorre somente na porção superior da Bacia 2;

2 - Complexo Costeiro, Unidade Quartizítica (NPcc q), também pré-cambriano – proterozóico com extensa ocorrência de pegmatitos intrusivos, em função do esforço tectônico sofrido, apresentam extensas diaclases “romboédricas” (ALMEIDA, 1964), associadas às falhas e fraturas.

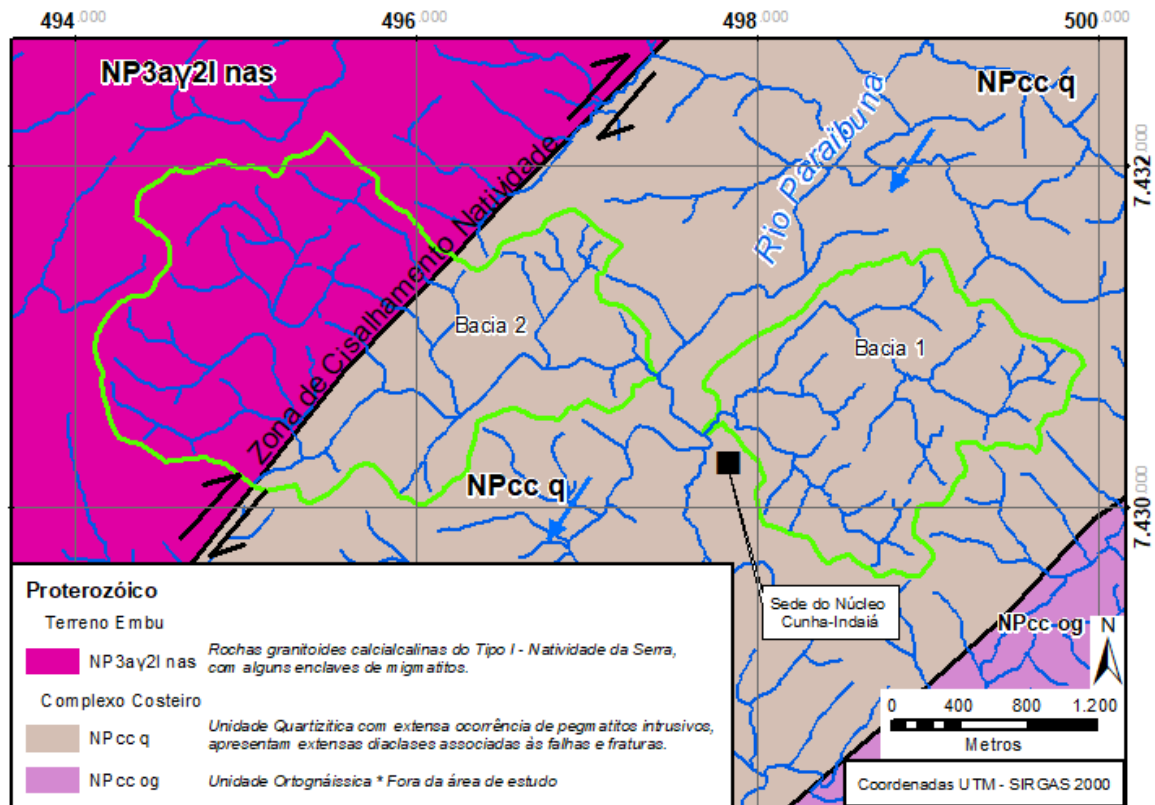


Figura 6 - Geologia da área de Estudo (CPRM, Serviço Geológico do Brasil – GEOBANK, dados geológicos online, 2011) (editado pelo autor)

O rio Paraíba, na área de estudo, corre sobre uma falha recorrente à SE da falha de natividade, evidenciando o intenso controle estrutural do relevo e da drenagem.

A Imagem 2, apresenta a curva do rio Paraíba em frente ao núcleo cunha-indaiá, com a visão geral da bacia 2 ao fundo.



Imagem 2 - Visão do Rio Paraibuna e Bacia 2 a partir da sede do núcleo (foto do autor)

A falha de Natividade, prolongamento NE, da falha de Cubatão, também é o limite litológico entre as rochas granitóides e os migmatitos estromatíticos homogêneos e corta a bacia 2 quase que pelo meio no sentido SO – NE. Possui várias fraturas concordantes, e fraturas discordantes transversais.

Estas fraturas condicionam o padrão da drenagem. Como consequência, há diversos segmentos com aparência de ‘cotovelo’ em grande número de bacias, inclusive no próprio leito do Paraibuna, frente à sede do Núcleo Cunha-Indaiá.

2.4 - Geomorfologia

Toda a área de estudo encontra-se inserida na Unidade Morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico, e unidade Morfofescultural Planalto de Paraitinga/Paraibuna. Com ocorrência de Altimetrias acima de 900m, morros altos e alongados com declividades entre 20 a 30% (figura7).

Conforme Ross e Moroz (1997), O Planalto Atlântico, por ocorrer em faixa de orogenia antiga, corresponde a relevos sustentados por litologias diversas, quase sempre metamórficas associadas com intrusivas.

As duas bacias em estudo estão inteiramente inclusas em área de dissecação do tipo Dc 25, como pode ser visto na figura 7, que apresentam 4 níveis taxonômicos (Ross, 1992 e Ross e Moroz, 1997) e o local possui nível de fragilidade potencial muito alta por “dissecação muito intensa com vales de entalhamento pequeno e densidade de Drenagem alta ou vales muito entalhados com densidades de drenagem menores” (Ross e Moroz, 1997).

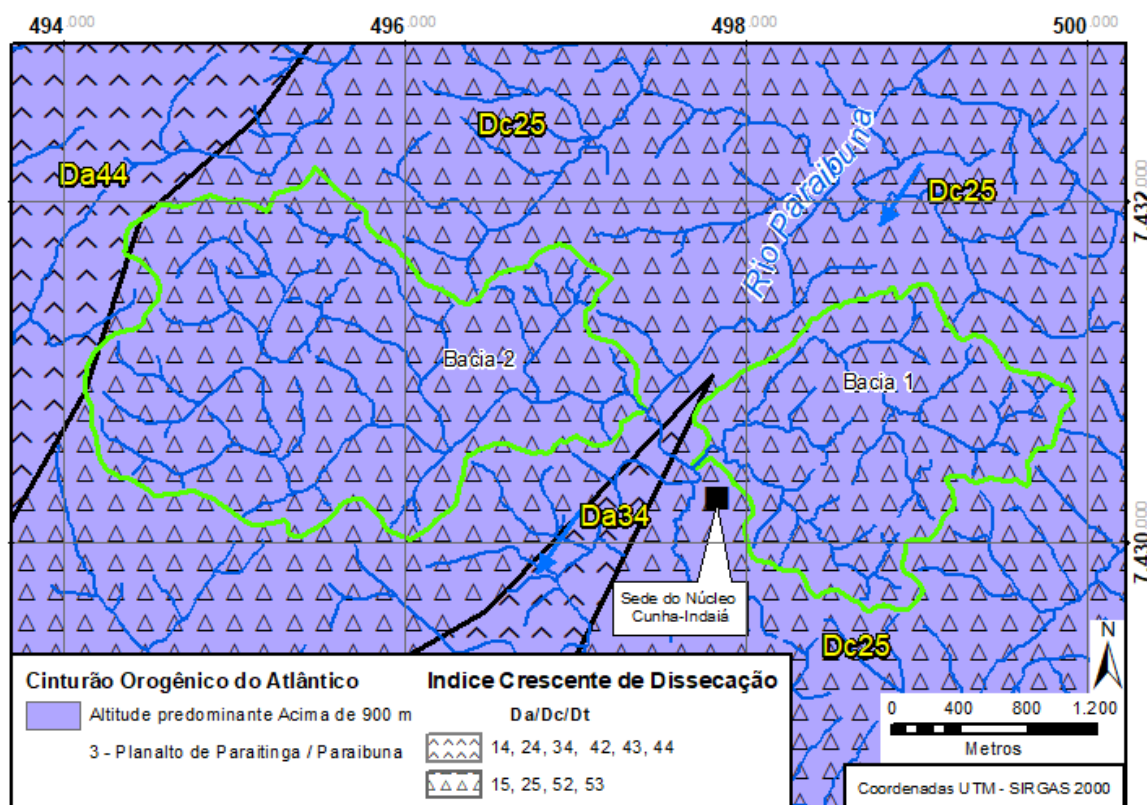


Figura 7 - Geomorfologia da área de Estudo (fontes: IPT, Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo, 1997) (Editado pelo autor)

ALMEIDA (1964) aponta fortes evidências da captura do curso dos rios Paraitinga e Paraibuna, pelo Rio Paraíba do Sul que, outrora, correriam para o sistema Tietê, este fato seria advindo da adaptação estrutural, por erosão regressiva (p. 192).

Tal ocorrência parece ser uma constante no planalto de Paraitinga, como pode ser observado na hidrografia das figuras anteriores. A conformação dos rios, evidenciam rupturas de traçado em formato de cotovelo (figura 8).

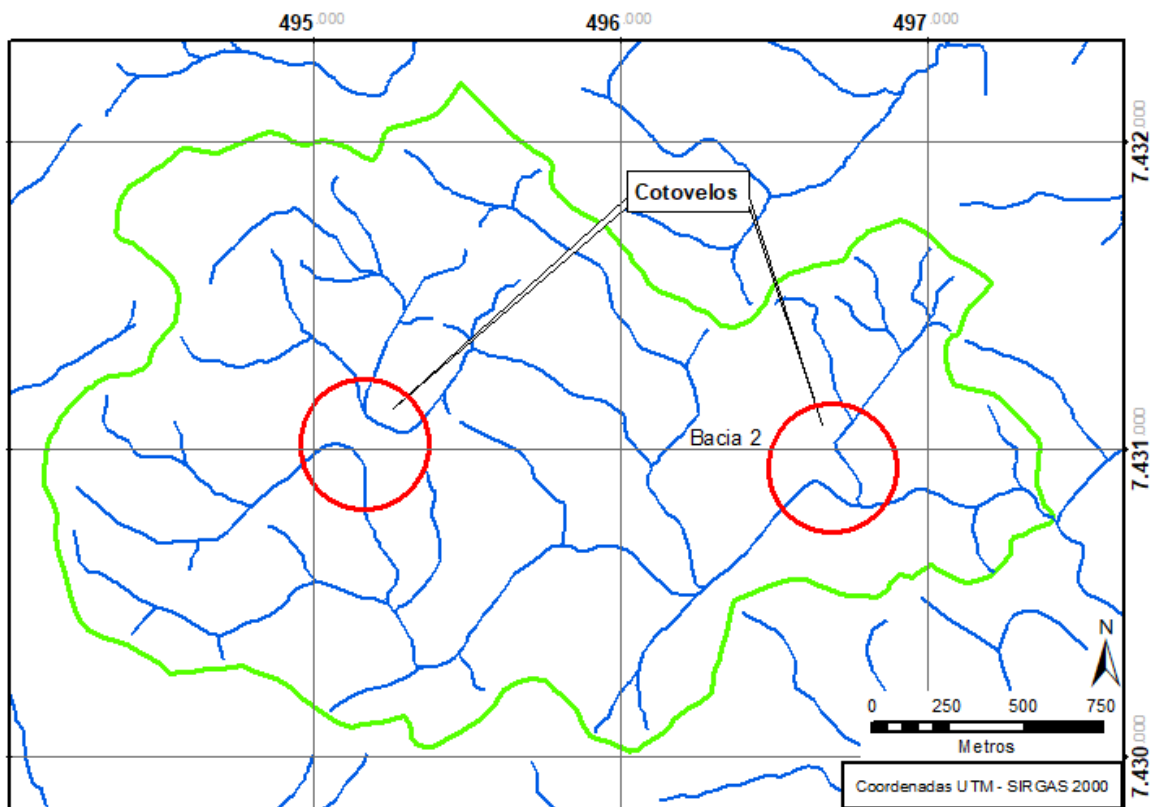


Figura 8 - Exemplos de ocorrência de cotovelos na bacia 2 (mapa do autor)

2.5 - Clima

Úmido, precipitação média anual acima de 2000mm, período úmido (outubro a março) e período seco (abril a setembro) (CICCO et al, 1985). temperatura média anual de 17,8 ° c. quente 20,6°C fevereiro; frio: 14,1°C julho (ARCOVA, 1996).

A proximidade do oceano — cerca de 15 km a SE — e as vertentes escarpadas da área de hipsometria entre 900 a 1600m de altitude, facilitam a ocorrência de precipitações , de caráter orográfico, de grandes volumes pluviais anuais, mensais e, frequentemente, dilúvios diários, que muito influenciam na formação do relevo, através da atuação dos rios sobre seus vales, na formação dos solos e, esporadicamente, de eventos de movimento de massa em vertentes, em larga escala.

2.6 - Pedologia

Conforme o mapa de Solos do Estado de São Paulo (IAC-EMBRAPA, 1999) a totalidade da área se encontra em **CX** - Cambissolos Háplicos (figura 8). Importante destacar que tais solos ocorrem em duas grandes categorias bastante distintas na paisagem: terrenos de relevo bastante acidentado (forte ondulado até escarpado) e em terrenos planos de planícies aluviais.

O setor mais alto da bacia 2 em solo **CX5** distróficos A proeminente e moderado + CAMBISSOLOS HÚMICOS Distróficos ambos textura média e argilosa fase não rochosa e rochosa relevo montanhoso e escarpado.

Setor Intermediário da Bacia 2 em solo **CX7** distróficos textura média e argilosa relevo montanhoso e forte ondulado + LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos textura argilosa relevo forte ondulado ambos A proeminente e moderado.

Setor mais baixo da bacia 2 e totalidade da Bacia 1 em solo **CX12** distróficos textura média e argilosa + LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos textura argilosa ambos A moderado e proeminente relevo forte ondulado.

Os CAMBISSOLOS latossólicos, em geral são espessos, apresentando morfologia bastante semelhante à dos LATOSSOLOS, tendo comportamento físico similar ao destes, quando de textura semelhante. A capacidade de troca de cátions inferior e/ou menor porcentagem de minerais primários facilmente intemperizáveis e/ou maior espessura do que os CAMBISSOLOS típicos são outro atributo que lhes empresta similaridade com os LATOSSOLOS, do pontos de vista químico, mantidas as similaridades quanto ao caráter eutrófico e distrófico. (IAC-EMBRAPA, 1999)

Os CAMBISSOLOS, de maneira geral, apresentam boas propriedades físicas, tais como boa permeabilidade interna, facilidade de preparo do terreno para plantio. A profundidade efetiva é satisfatória mesmo nos solos que apresentam o horizonte Cr pouco profundo, pois constitui-se por saprólito brando, o qual não oferece resistência física ao enraizamento das plantas. (IAC-EMBRAPA, 1999)

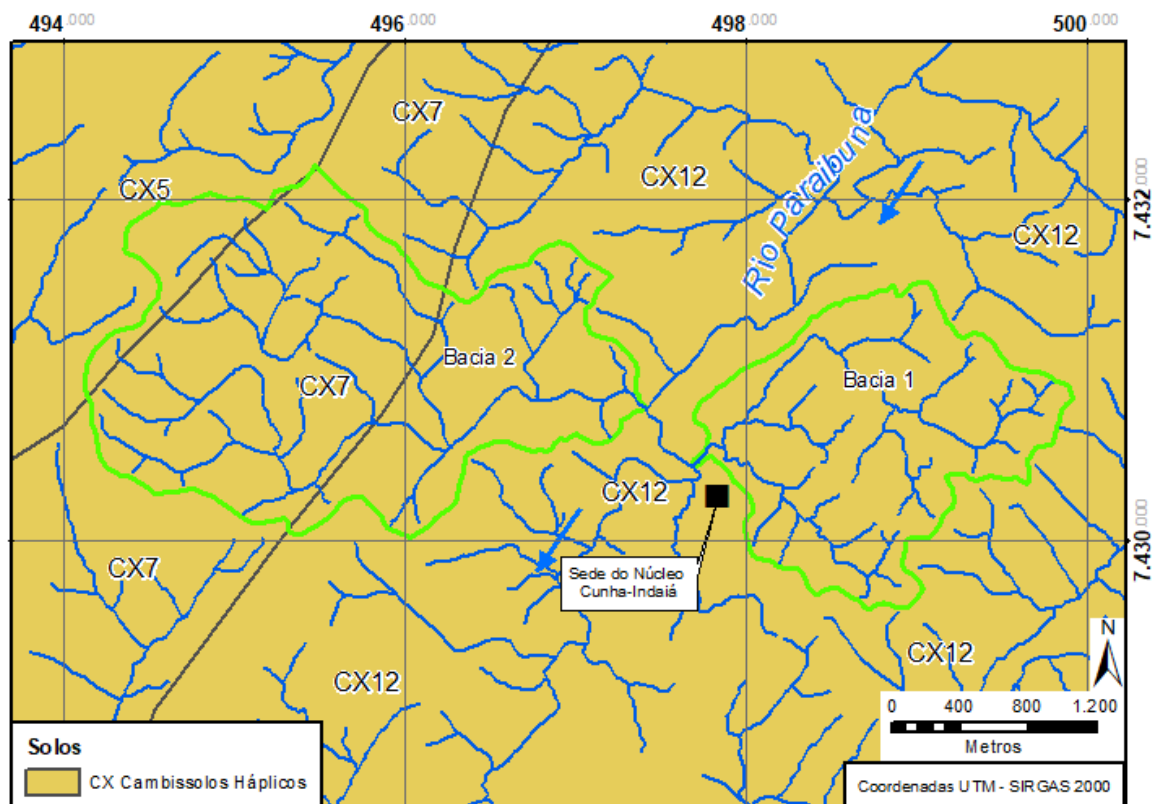


Figura 9 - Mapa de Solos (fonte: IAC-EMBRAPA, Mapa de solos do estado de São Paulo, 1999) (editado pelo autor)

2.7 – Cobertura e Uso e Ocupação da Terra

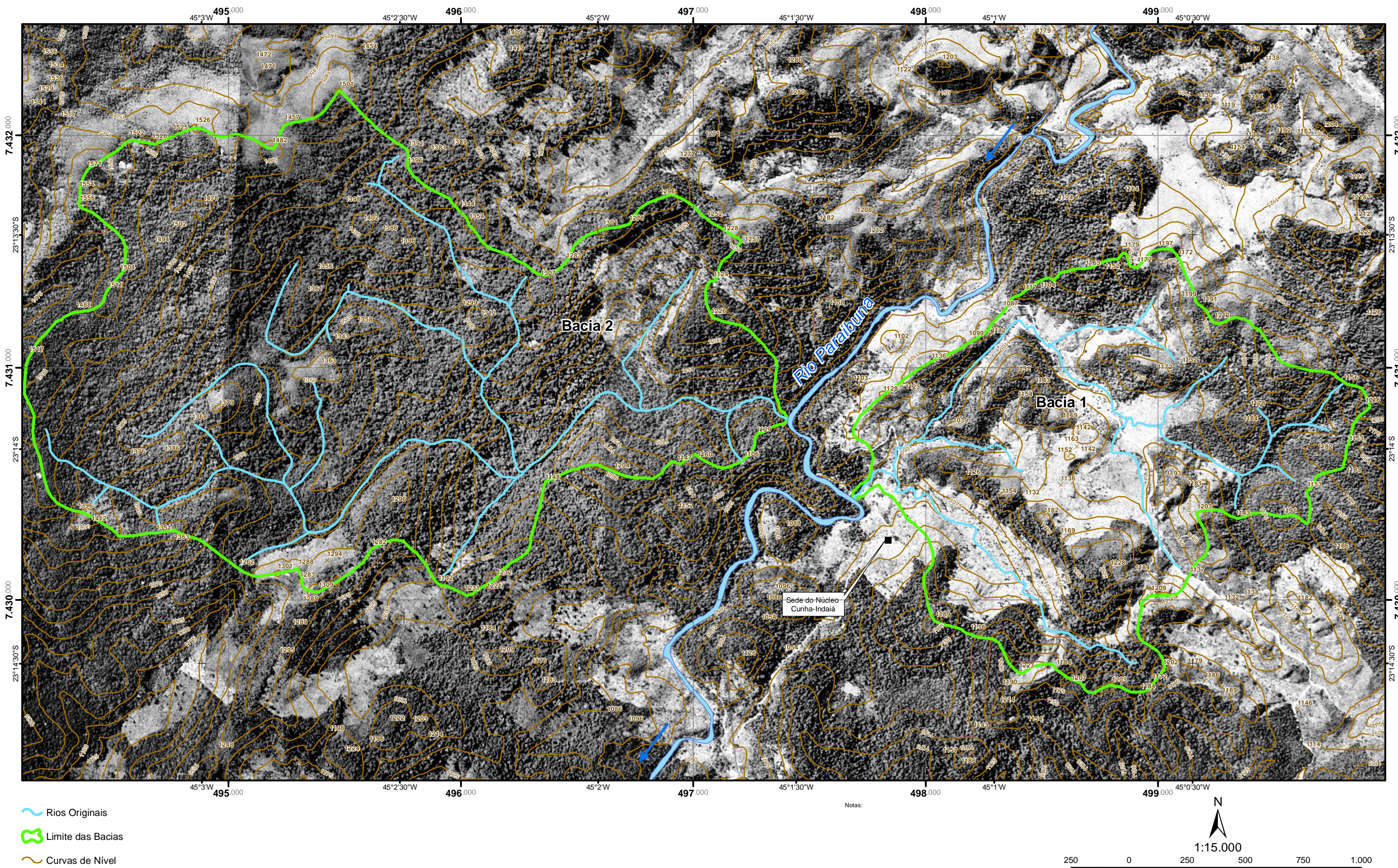
A vegetação originária da área é a mata atlântica, de encosta e de altitude, entremeada por 'ilhas' de araucárias.

Propriedades rurais que cultivam as culturas de maçãs e pinhões ocupam a proximidade do setor superior da Bacia 2, correspondente à serra do Alto Grande, também foi encontrado gado leiteiro (Vacas e Búfalas), em especial para produção de queijo, conforme verificado *in loco*.

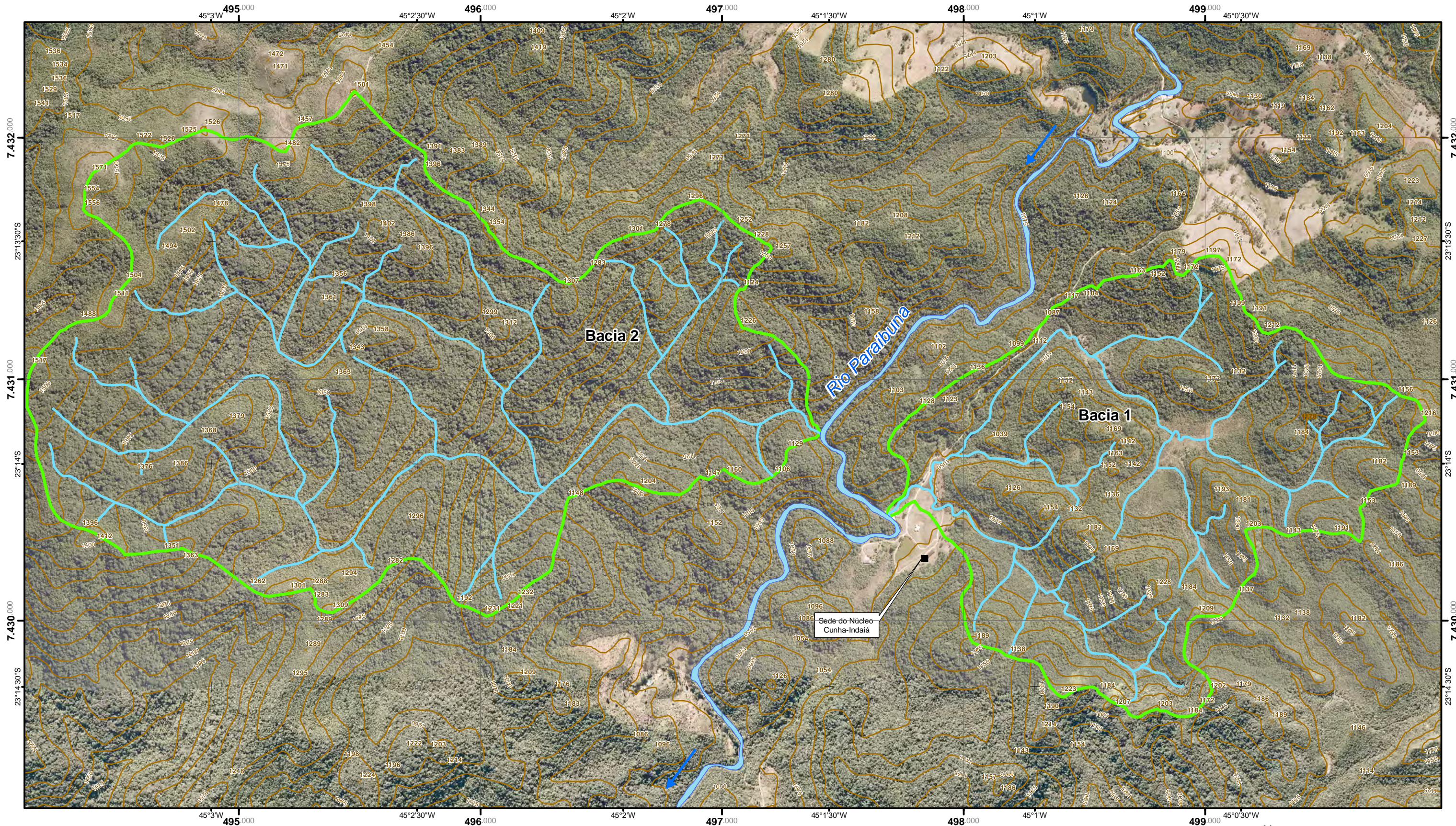
O restante da área em estudo, é ocupado pelo parque estadual da serra do mar, tendo sua vegetação reconstituída, ao longo dos 33 anos entre 1977 e 2010, como pode ser visto nas figuras 10 e 11. Esta reconstituição se deu com tal sucesso, que muitas áreas podemos classificar como mata ombrófila densa em estágio avançado, embora haja, ainda, algumas espécies exóticas, esporadicamente.

A bacia 1, do córrego Indaiá-barracão, é instrumento de pesquisa científica, contendo uma barragem de monitoramento hidrológico, além de uma trilha que a circunda e dá acesso ao rio Bonito a SE.

Ao Sul da foz da Bacia 1 ficam as instalações de apoio, administração e alojamentos do Núcleo Cunha-Indaiá. Área com uso permanente, assim, sendo mantido desmatado.



Fontes:
IGC, 1978, Carta Topográfica 1:10.000 MI 084/131
"Fazenda Barracão"
Projeto Macro Eixo Paulista, 1977, Fotos aéreas 1:8.000



Rios Originais e Atualizados

Limite das Bacias

Curvas de Nível

Notas:

N

1:15.000

250 0 250 500 750 1.000

Metros

Fontes:
IGC, 1978, Carta Topográfica 1:10.000 Ml 084/131
"Fazenda Barracão"
IGC/EMPLASA, 2010/2011, Projeto Mapeia São Paulo
in: <http://datageo.ambiente.sp.gov.br/>

Sistema de Coordenadas UTM - Sirgas 2000 - Fuso 23 Sul
Equidistância das Curvas de Nível: 25 metros

3 - Metodologia

Esse trabalho segue as seguintes diretrizes: estudo morfométrico, reunindo os vários aspectos da abordagem, como condição básica para a análise e interpretação; aplicar os índices morfométricos de maior significação para a área de estudo; interpretar os resultados obtidos, com o intuito de reforçar o argumento deste trabalho.

A partir dessa premissa e de extensiva revisão bibliográfica, destacamos aqui os trabalhos de Ahnert (1970 e 1980); Christofolletti (1969, 1970 e 1976); De Biasi, (1992); Guerra e Cunha (1995); Horton (1945); e, Verstappen (1973), que nortearam este trabalho.

Desejamos assinalar desde já que pela complexidade da metodologia e da tentativa de interpretação, o trabalho está focado na aplicação de métodos quantitativos.

Christofolletti (1970), salienta que a morfometria permite coletar tal volume de dados e informações e consequente implicação metodológica, que faria deste tema um trabalho “da categoria científica dos trabalhos de maior fôlego”. Essa situação de intenso trabalho manual, em nossa interpretação, está facilitada pela capacidade computacional.

Com a ajuda do Geoprocessamento, a abordagem se torna mais viável como trabalho rotineiro visto que a produção de mapas, tabelas bem como as medições e cálculos, elaborada em ambiente computacional reduz de forma radical o tempo dedicado à produção de material base, possibilitando maior dedicação à análise dos dados.

Foram realizadas, ainda, duas visitas para controle de campo, o que possibilitou a verificação da real condição da vegetação e, mais importante, percorrer a quase totalidade das áreas para revisão do traçado dos cursos d'água e as condições da cobertura vegetal.

3.1 – Materiais

Foram utilizados os seguintes insumos:

Carta Topográfica 1:50.000, IBGE, folha Lagoinha (MI 2770-2 – Nomenclatura SF.23-Y-D-III-2);

Carta Topográfica escala 1:10.000, IGC, folha Fazenda Barracão (MIR 084/131 – Nomenclatura SF.23-Y-D-III-2- SE -F);

Fotografias aéreas, do projeto Macro Eixo Paulista (1977), escala aproximada 1:8.000, fotos AF-3964-7 -8212 a 8214;

Softwares ArcGIS, licença home/student, com as extensões Spatial Analyst e 3D Analyst; Microsoft Word e Excel.

3.2 - Técnicas/Aplicações Metodológicas

A seguir são apresentadas as técnicas de análise utilizadas para caracterizar fisicamente as sub-bacias objeto do presente projeto, resultado da revisão bibliográfica:

Análise de área

- Densidade Hidrográfica

Relação entre a quantidade de rios e a área da bacia, dado por:

$$Dh = \frac{N}{A}$$

N – Número de rios da bacia;

A – área da bacia.

- Densidade de Drenagem

Relação entre o comprimento total dos rios com a área da bacia hidrográfica.

$$Dd = \frac{L}{A}$$

L – Comprimento total dos rios

A – Área da bacia

- Índice de Compacidade

Relação entre o perímetro e a área da bacia, comparativamente a um círculo:

$$Kc = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$$

P – Perímetro da bacia;

A – Área da bacia

Onde o valor base é 1,0 idêntico a um círculo perfeito.

Outras referências comparativas são:

1,00 a 1,25 – bacia com alta propensão a grandes enchentes;

1,25 a 1,50 – tendência mediana a grandes enchentes;

> 1,50 – não sujeito a grandes inundações

Tanto Müller (1953), quanto Schumm (1956), ao discorrerem sobre o Índice de Circularidade indicam valores que podem ser aplicados ao Índice de Forma, visto que o pensamento sobre ambos é semelhante.

Assim **k = 1,0** representa uma Bacia perfeitamente circular, com nível baixo de escoamento, com alta propensão a cheias. Valores maiores indicam o alongamento da bacia, favorecendo o processo de escoamento.

Análise linear

- Delimitação das bacias

A Delimitação das bacias foi feita de forma manual, a partir da utilização do modelo digital de terreno.

- Identificação das Bacias e cursos d'água

Para a Identificação das Bacias e cursos d'água foi utilizado algoritmo baseado no método Strahler, descrito a seguir, devido a simplicidade e disseminação de sua aplicação.

- Ordenação dos canais, segundo STRAHLER:

Classificação crescente dos rios a partir de seus nascedouros, aumentando de 1 a cada junção a um rio de mesma ordem.

A Classificação segundo Strahler foi elaborada manualmente, pela interpretação visual após atualização da hidrografia.

- Inferência dos Canais de Drenagem

A interpretação foi feita pela foto interpretação estereoscópica das fotos aéreas, e controle de campo, com visita a cerca de 90% de todos os cursos d'água.

- Identificação do canal principal

O Canal Principal foi identificado de forma manual. E considerado como principal, o curso de maior altitude e extensão.

- Relação de comprimento médio dos canais.

Elemento bastante útil na identificação do controle geológico da drenagem.

$$RLm = \frac{Lmw}{Lmw - 1}$$

Lmw – média do comprimento dos canais de dada Ordem;

Lmw-1 – média do comprimento dos canais de ordem inferior.

Análise de Altitude

Nesta parte estarão agrupados os índices referentes a altitude ou altura ou volume, independente de outras dimensões.

- Gradiente dos canais, que pode também ser interpretado como a declividade média do Canal principal, e nos demonstra uma relação direta entre a capacidade de carreamento na bacia.

Esta relação é definida entre a diferença de altitude entre a nascente e a foz, pela extensão total do curso d'água, resultando em valor de porcentagem:

$$Gc = \left(\frac{Hn - Hf}{L} \right) \cdot 100$$

Hn – Altitude da nascente

Hf – Altitude da foz

L – Comprimento do rio em questão.

- Perfil Topográfico de cada bacia:

Variação da altimetria da bacia, em gráfico linear, a partir de uma linha reta arbitrária.

- Perfil Longitudinal do canal principal da bacia:

Variação da altimetria do rio principal, em gráfico linear, acompanhando o curso d'água, desde a cabeceira até a foz.

- Curva hipsométrica:

Forma de comparar bacias de topografias e amplitudes diferentes com relação ao volume total de cada área. É usado pela sobreposição dos gráficos de volumes relativos, calculados pelas áreas por faixas de altitudes.

- Carta Clinográfica:

A carta clinográfica, produzida de forma automática, com índice em graus, foi posteriormente verificada manualmente pelo método apresentado por DE BIASI (1992).

Para todas as medidas foi considerada a projeção cartográfica UTM, *datum* sirgas 2000, de acordo com as normas nacionais vigentes.

4 – Desenvolvimento do Trabalho

A obtenção dos dados Primários necessários se deu originalmente pela aquisição de cópia junto aos departamentos de cartografia do IBGE e do IGC. E das fotos áreas do macro eixo, obtidas no laboratório de fotografia aérea do departamento de Geografia da USP, que foram copiadas por método fotográfico e posteriormente digitalizadas.

Recentemente, com a divulgação online dos dados pelo DATAGEO, passou-se a usar desta fonte.

O processo de digitalização de parcela da Carta topográfica do IGC, em escala 1:10.000, foi uma das etapas de maior custo em tempo. As oscilações acumuladas no papel, as distorções do processo de rasterização, que implicaram em ostensiva grade de pontos de controle durante o processo de georreferenciamento e, ainda mais trabalhoso, digitalizar todas as curvas de nível e rede hidrográfica manualmente devido ao fato que a carta em preto e branco, quase totalmente hachurada, impediram a execução de vetorização automática e mesmo semiautomática, como pode ser visto pelo exemplo da figura 12.

Por esta razão que as curvas de nível de 5 metros foram digitalizadas para a área das bacias alvo. E digitalizadas as curvas de 10 metros para o restante da Carta 1:10.000.

Após esta digitalização foram iniciados os processamentos para obtenção dos índices desejados: Conversão de *Datum* das Projeções para adequação à normatização brasileira de Sistemas de Projeção; Criação do Modelo Digital de Terreno com Hidrografia Coerente; Obtenção de vários modelos de superfície auxiliares como carta clinográfica e orientação de vertentes; Criação das tabelas para aplicação das fórmulas matemáticas.

Em todas as etapas foi realizado controle de qualidade e comparação entre resultados obtidos pelo processamento contra procedimentos manuais.

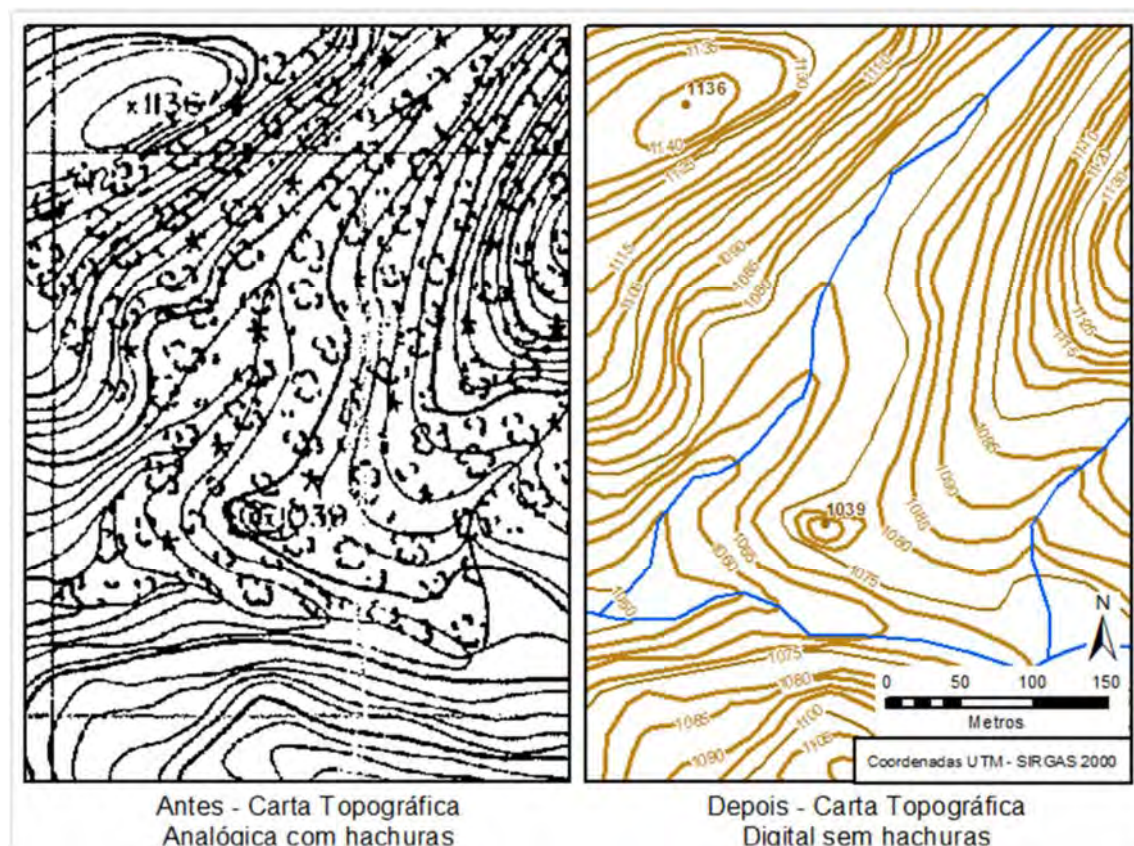


Figura 12 - Processo de digitalização de Curvas de Nível e Hidrografia (fonte: IGC, 1973)
(editado pelo autor)

Ao longo de toda a evolução deste trabalho, foram realizadas 2 visitas de campo para percorrer o interior das duas bacias. Realizadas nos invernos de 1997 e 1999. Uma nova visita, prevista para Maio de 2020, não foi realizada pelo estado de pandemia.

Nestas visitas foram percorridas a quase totalidade dos cursos d'água, nas bacias, com intuito de verificar seus traçados relativos à cartografia oficial. Foi percebida a evolução da recuperação da vegetação resultado da proteção decorrente da transformação da área em Parque Estadual.

Também verificamos que, em alguns trechos da bacia 1, o traçado do Rio se modificou. E que, em ambas as bacias o número de nascentes aumentou. Como este evento se tornou significativo para este trabalho, realizamos a classificação da vegetação em 1977 e 2010, conforme as fotos aéreas, por interpretação visual. Utilizamos 3 classes de vegetação sendo:

1 – Sem vegetação, relativo à todas as ocorrências de solo exposto, campo, pastagens e culturas;

2 – Vegetação inicial, incorporando Capoeira, áreas em reflorestamento com vegetação nativa e vegetação em estágios de desenvolvimento de pioneiras e iniciais;

3 – Vegetação densa, relativo aos estágios médio e avançado.

Após estas classificações sobre os dois mosaicos de fotos aéreas, foi realizado o cruzamento de classes obtendo o seguinte Grupo e Subgrupo:

1 – Recuperação

Vegetação inicial, recuperada para vegetação densa

Sem vegetação, recuperada pra vegetação densa

Sem Vegetação, recuperada para vegetação inicial

2 – Sem mudança na cobertura

Vegetação densa mantida

Vegetação inicial mantida

Sem vegetação mantido

3 – Perda de cobertura

Perda parcial de vegetação densa, regredindo para inicial

Perda total de vegetação densa, regredindo para sem vegetação

Hipoteticamente, haveria uma terceira classe de perda de cobertura relativa à mudança de vegetação inicial para sem vegetação, contudo este caso não foi verificado nas 2 bacias.

O resultado da evolução da vegetação foi mapeado e pode ser visto na figura 13.

Evolução da Cobertura Vegetal entre 1977 e 2010

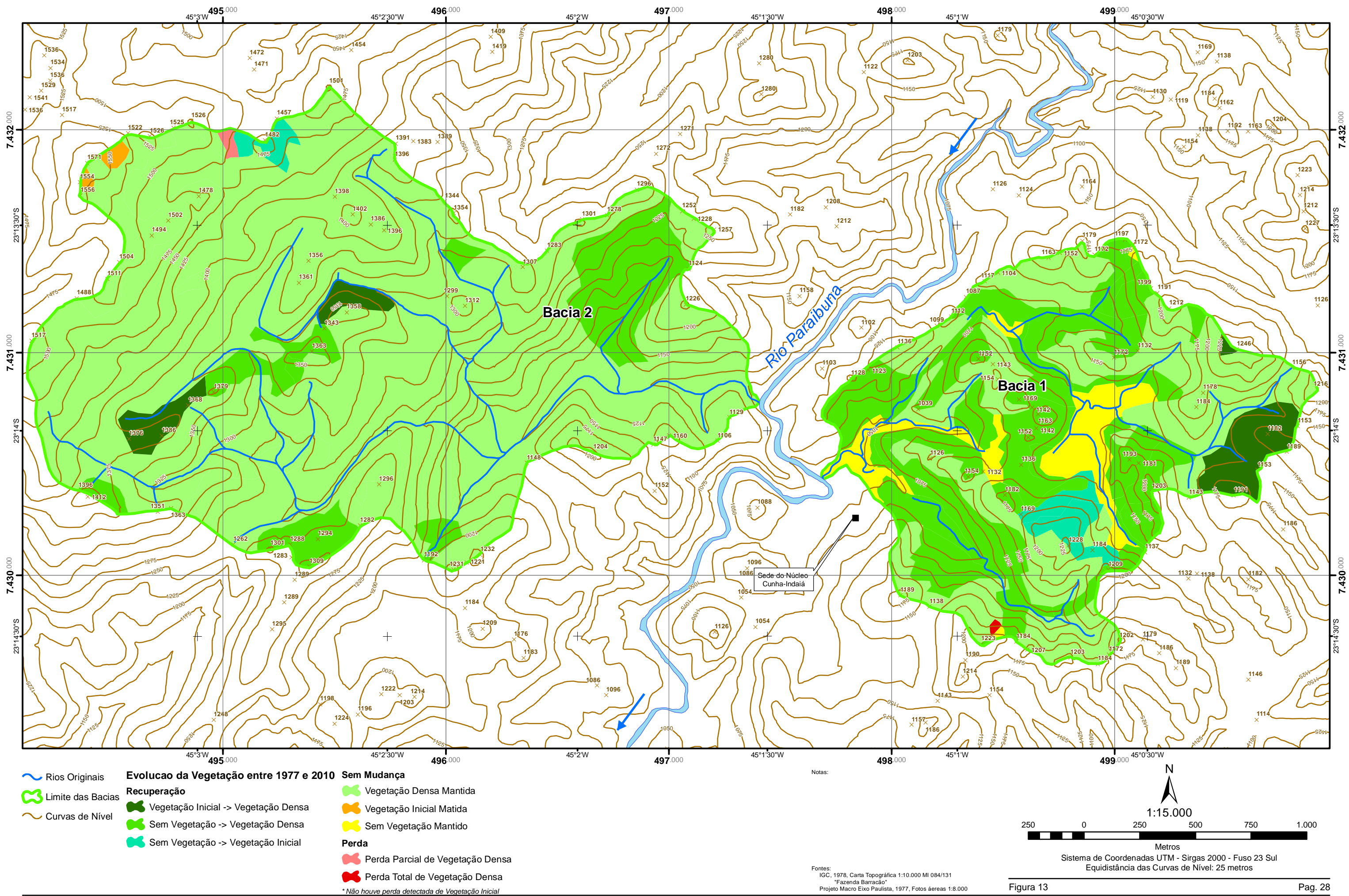


Figura 13

Inicialmente era objetivo deste trabalho realizar um mapa síntese de forma automatizada, utilizando uma série de etapas de análise sobre a imagem radar de alta resolução, e evoluindo-as até a obtenção dos índices de curvatura das vertentes. Contudo, no processo de teste foi percebido que o nível de ruído decorrente da vegetação, a resolução ao nível do solo e incertezas quanto ao posicionamento da imagem fizeram com que esse intuito fosse abandonado.

Dado este revés, foi feita uma tentativa de obter os índices de curvatura de vertente, a partir das próprias curvas de nível oficiais digitalizadas. Também seguindo uma sequência padrão de processamentos, que passavam por criação da carta de altitude, com resolução de 2 metros, de orientação de vertente, direção de fluxo d'água e declividade. Apesar dos resultados mais promissores, identificamos algumas dificuldades quanto a representação provocada por um certo excesso de resolução. Assim, resolvemos privilegiar a interpretação visual e a confecção manual da carta de setores de vertente.

Esta carta foi realizada em 3 etapas, sendo a primeira para refinar a classificação dos índices de dissecação do relevo. A segunda foi delinear os topos e a terceira para classificar as vertentes. A classificação se baseou nas categorias sugeridos em Ross e Moroz (1997) relativos ao 5º nível taxonômico.

Com a sobreposição das cartas de altimetria, orientação de vertente e as curvas de nível e pontos cotados, foi feita a identificação dos topos e, eventualmente interflúvios ou pontos de sela entre topos. Os pontos de sela foram considerados como parte da vertente e não dos topos.

Os topos foram classificados em: topos aguçados, convexos ou planos.

A terceira etapa, realizada somando-se aos topos, foi realizada com suporte das curvas de nível sobrepostas à carta de declividade. Nosso objetivo era classificar as formas horizontais e verticais e, embora este objetivo tenha sido alcançado, percebe-se que as formas horizontais acabaram privilegiadas.

As vertentes foram classificadas em formas: convexa, retilínea, côncava, vertente escarpada, patamares planos e, patamares inclinados.

4.1 – Caracterização da Bacia I

O córrego Indaiá-Barracão flui no sentido E – O, desde altitude aproximada de 1.150m até 1.048m em sua foz no Rio Paraibuna, totalizando um desnível de 100m. A cota máxima da bacia é de 1.571m perfazendo uma diferença de 421m.

Análise de área:

- Área: **2,389 km²**
- Perímetro: **7,410 km**
- Densidade Hidrográfica **Dh**: 55 rios / 2,389 km = **23,022 / km²**
- Densidade de Drenagem **Dd**: 12,219 km / 2,389 km = **5,115 km / km²**
- Índice de Compacidade **Kc**: $0,28 \times 7,410 / \sqrt{2,389} = \mathbf{1,342}$

Análise linear:

- Inferência dos Canais de Drenagem

A interpretação foi feita pela foto interpretação estereoscópica das fotos aéreas e controle de campo, com visita à cerca de 90% de todos os cursos d'água inseridos, removidos ou corrigidos.

A figura 14 apresenta os canais pré-existent na cartografia oficial e as que foram adicionadas ou revisadas após interpretação e controle de campo:

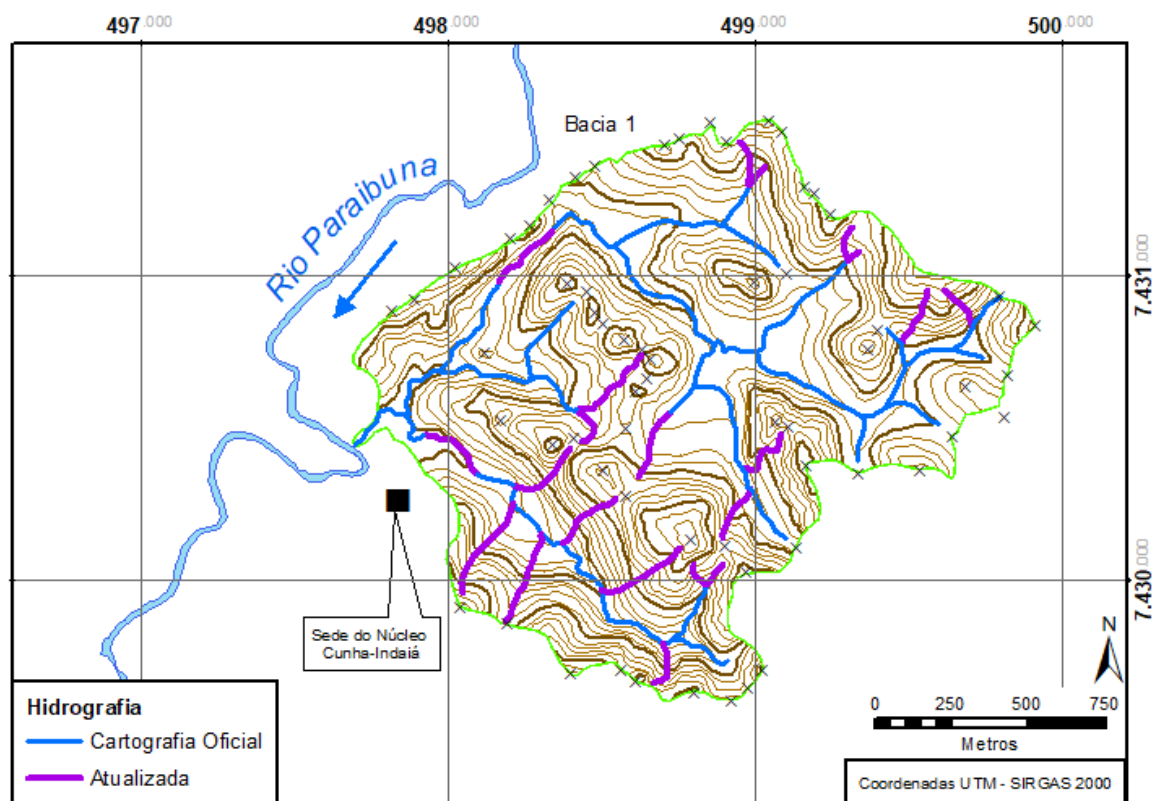


Figura 14 – Atualização da Hidrografia da bacia 1 (mapa do autor)

- Ordenação das sub-bacias, onde se destaca o longo trecho de 3ª ordem exclusivamente relativo ao Canal Principal (figura 15):

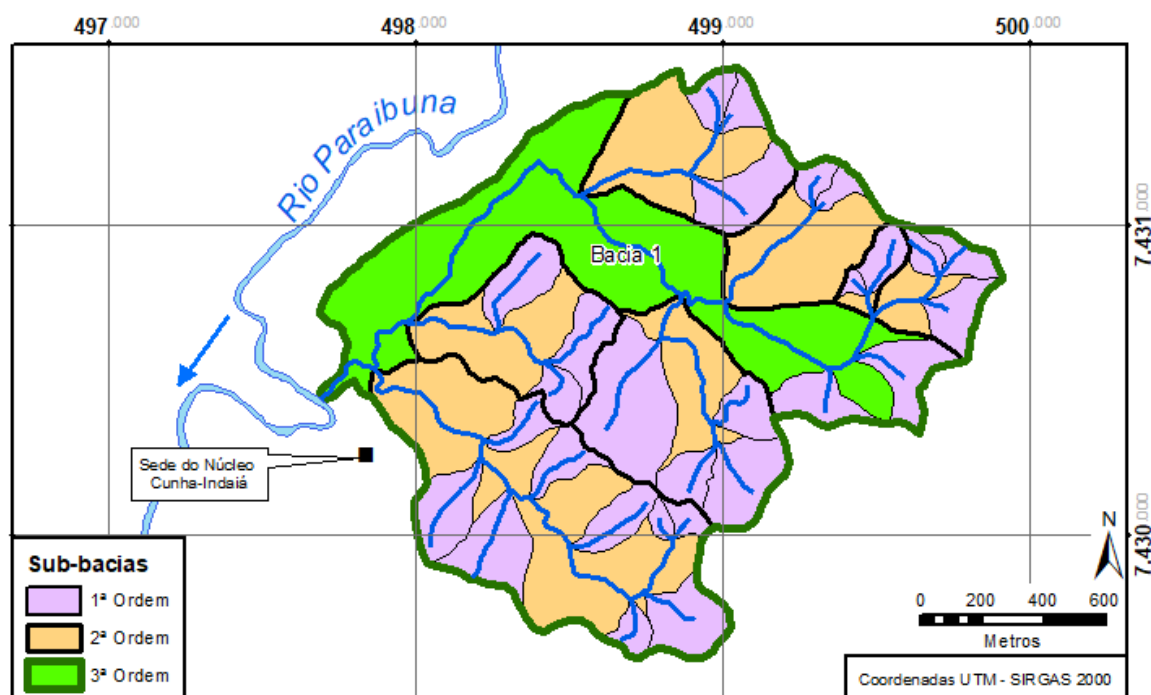


Figura 15 - Ordenação das Sub-bacias na Bacia 1 (mapa do autor)

- Ordenação dos canais (método STRAHLER):

Tabela 1 - Ordenação dos Canais na Bacia 1

Ordem	Segmentos	Extensão total (km)
1	28	5,429
2	19	4,063
3	8	2,727
Total	55	12,219

- Identificação do canal principal, a partir da mais alta nascente e extensão (figura 16):

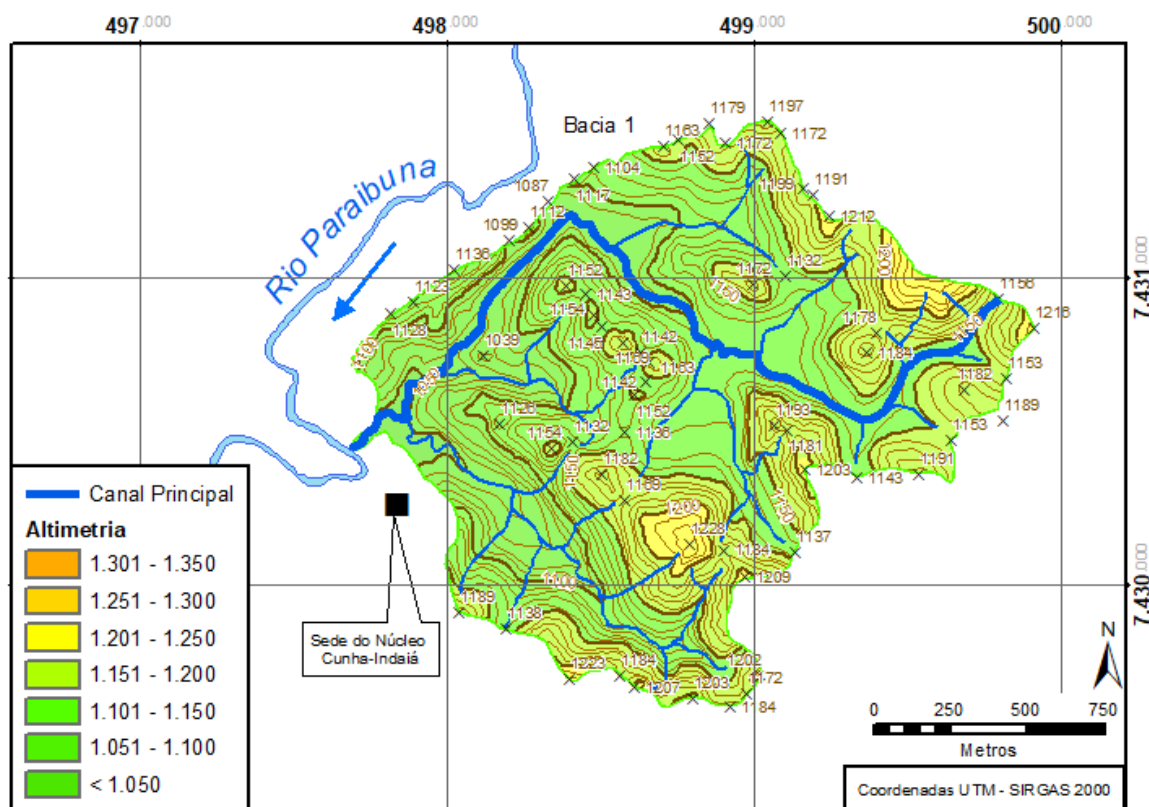


Figura 16 - Identificação do Canal Principal da Bacia 1 (mapa do autor)

- Relação de comprimento médio dos canais, onde nota-se a uniformidade da relação nesta bacia (tabela 2):

Tabela 2 - Relação dos Comprimentos dos canais por ordem na bacia 1

Ordem	Extensão média dos canais (km)	Relação do comprimento médio entre ordens
1	0,194	
2	0,261	1,346
3	0,341	1,306

Análise de Altitude

Gradiente dos canais: Maior altitude do canal Principal, 1.150m; cota da Foz 1.048m; desnível 102m ou 0,1km; Extensão do canal principal, 3,116km. De forma que o gradiente é $(0,1 / 3,116) \cdot 100 = \mathbf{3,21\%}$

- Perfil Topográfico da bacia 1 apresenta baixa amplitude do relevo com apenas uma elevação de destaque próxima à nascente, e uma área plana, com tendência a inundação, junto a foz (figura 17):

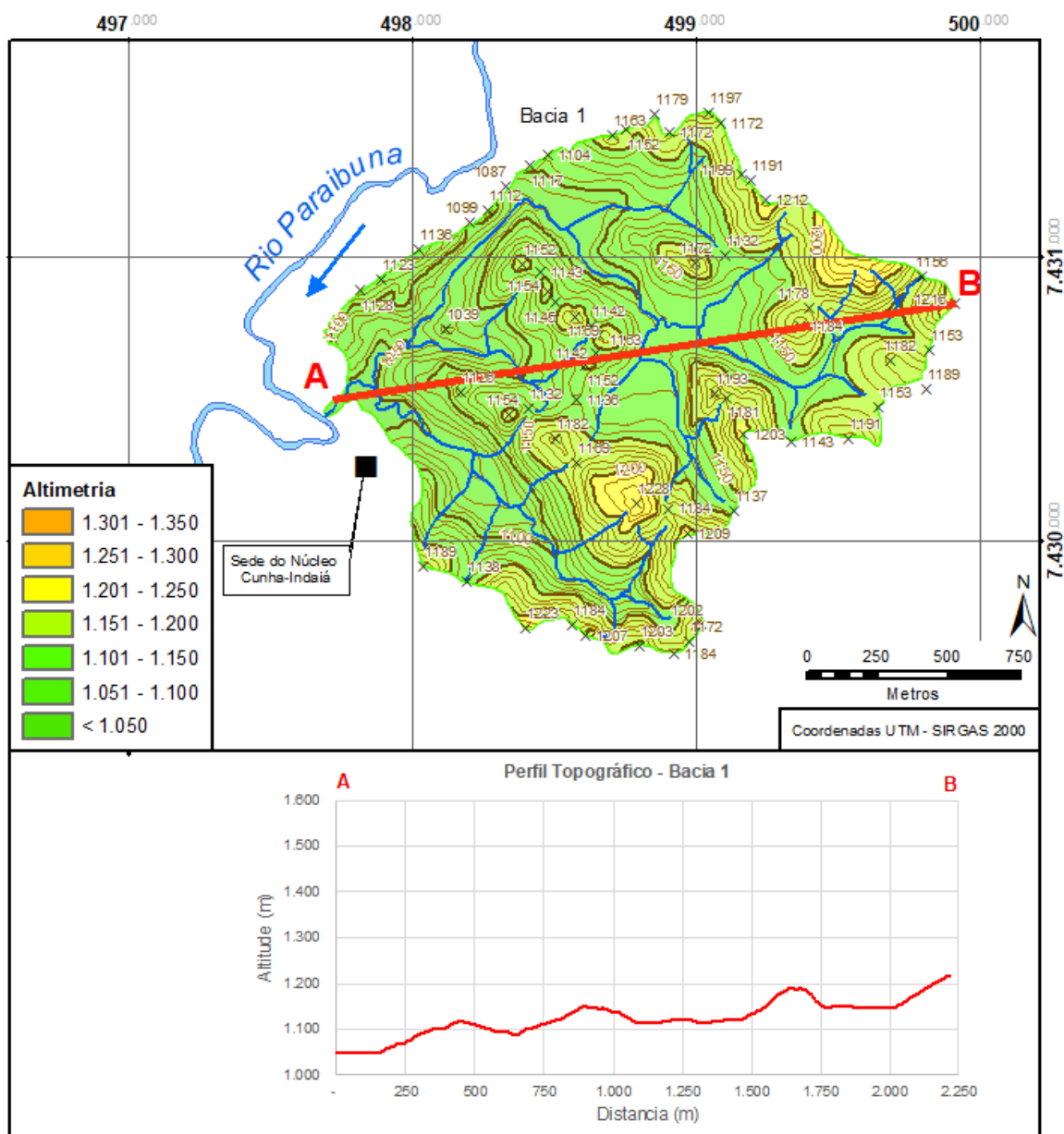


Figura 17 - Perfil topográfico da Bacia 1 (mapa do autor)

- Perfil Longitudinal do canal principal, mostra dois pontos de inflexão a 90° resultado do controle estrutural da área (figura 18):

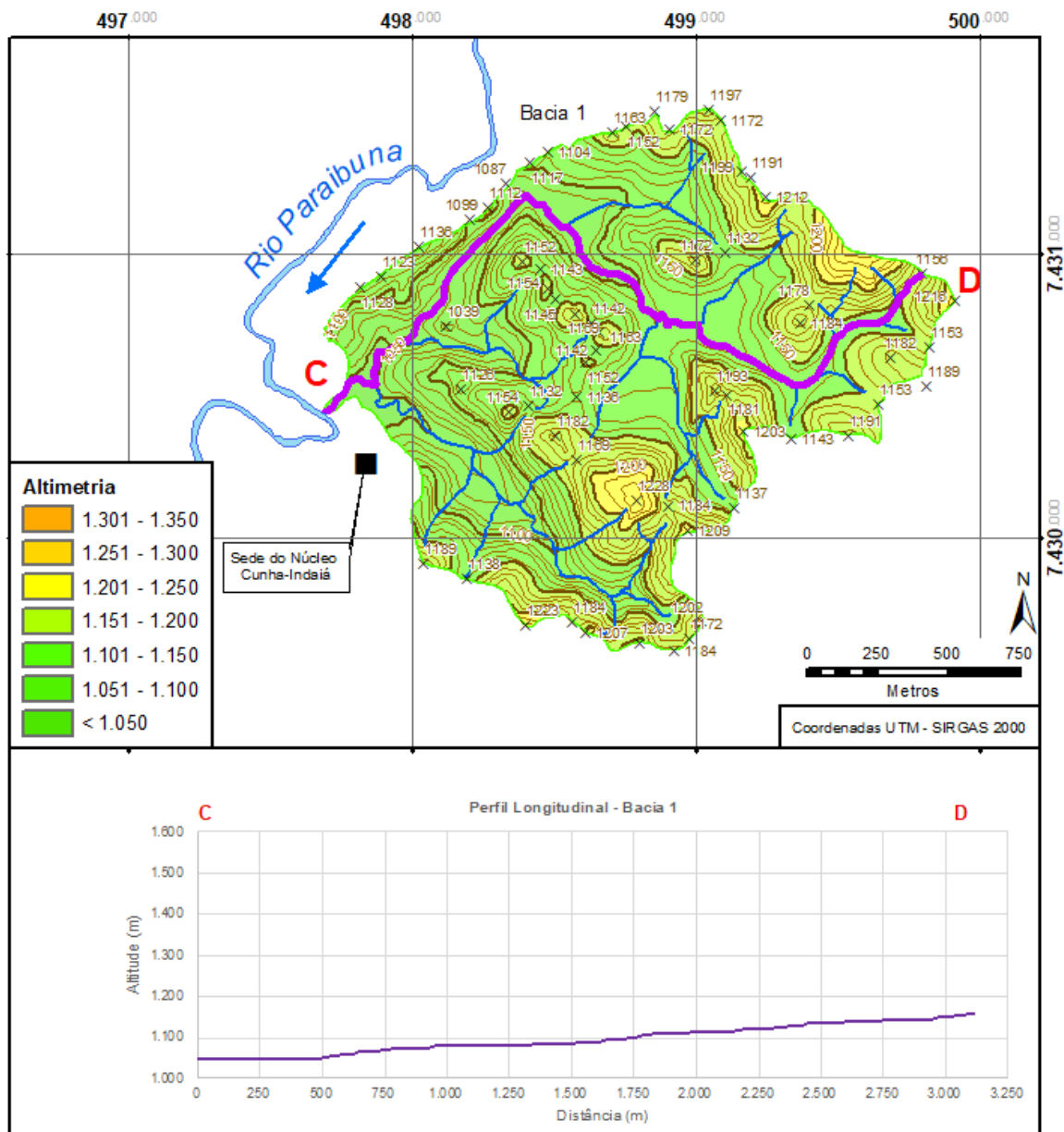


Figura 18 - Perfil Longitudinal da Bacia 1 (mapa do autor)

4.2 - Caracterização da Bacia II

O corpo hídrico principal flui no sentido NO – E, desde altitude aproximada de 1.500m até 1.072m em sua foz no Rio Paraibuna, totalizando desnível de 428m. entretanto o relevo da bacia, em seu ponto mais alto, atinge a marca de 1.871, adicionando 371 metros ao desnível.

Análise de área:

- Área: **4,413 km²**
- Perímetro: **10,390 km**
- Densidade Hidrográfica **Dh**: 68 rios / 4,413 km = **15,409 / km²**
- Densidade de Drenagem **Dd**: 21,609 km / 4,413 km = **4,897 km / km²**
- Índice de Compacidade **Kc**: $0,28 \times 10,390 / \sqrt{4,413} = \mathbf{1,385}$

Análise linear:

- Inferência dos Canais de Drenagem

Foi realizada pela mesma técnica que na bacia 1.

A figura 19 apresenta os canais pré-existentes na cartografia oficial e as que foram adicionadas ou revisadas após interpretação e controle de campo.

Importante salientar que nesta bacia, a quantidade de canais que ressurgiram após a recuperação da vegetação é significativa, passando de um total de 12,72 km para 21,61 km de extensão total dos canais.

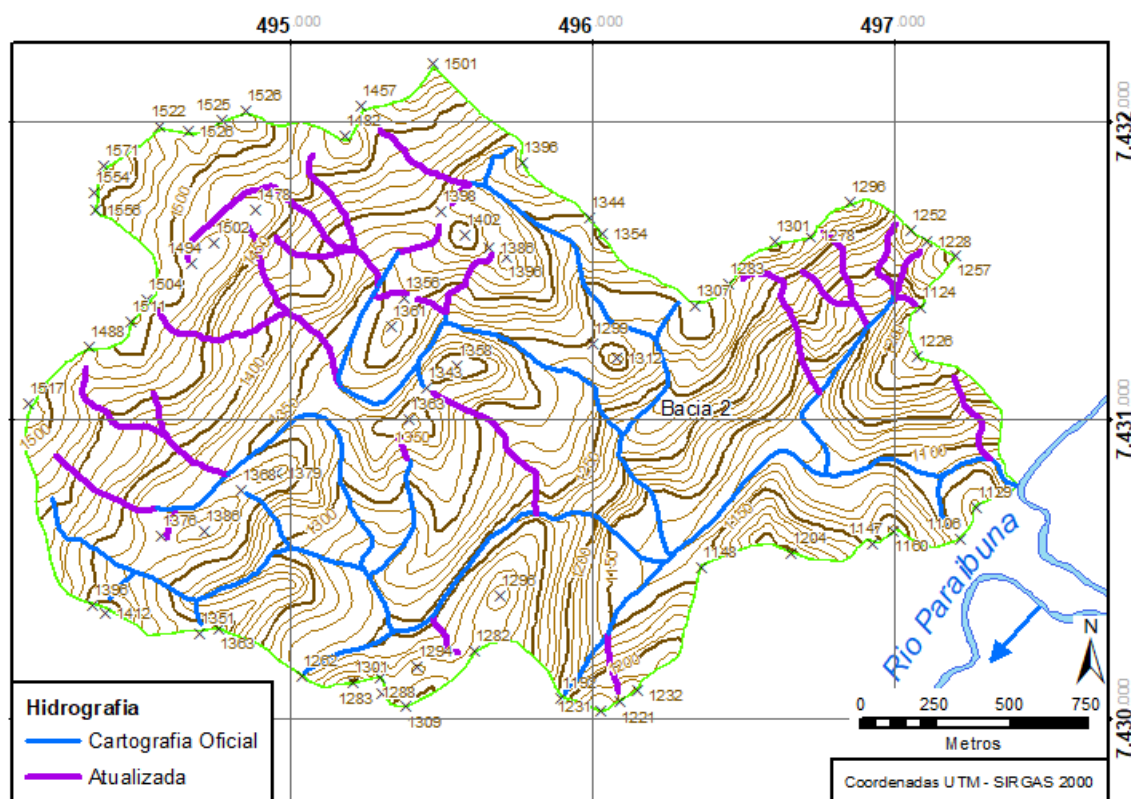


Figura 19 - Atualização Hidrográfica da Bacia 2 (mapa do autor)

Ordenação das sub-bacias (figura 20).

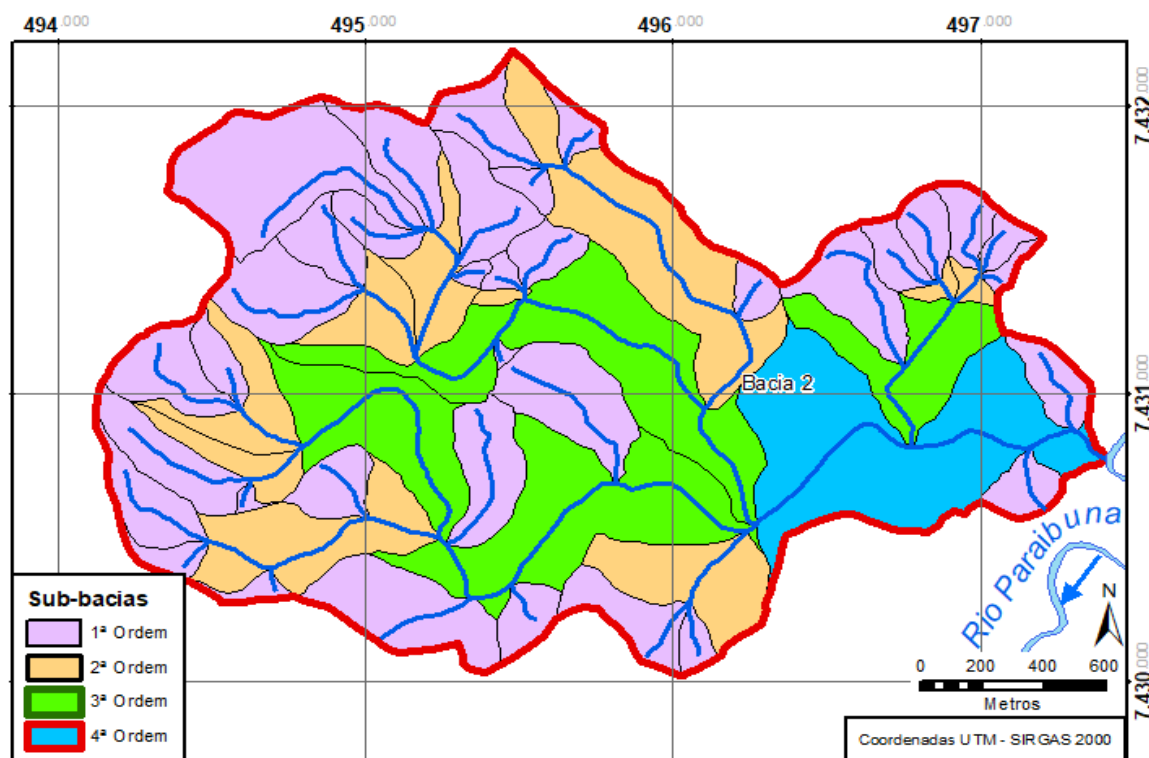


Figura 20 - Ordenação das sub-bacias da Bacia 2 (mapa do autor)

- Ordenação dos canais (método STRAHLER):

Tabela 3 - Ordenação dos Canais na Bacia 2

Ordem	Segmentos	Extensão total (km)
1	35	11,559
2	16	3,945
3	13	4,694
4	4	1,411
Total	68	21,609

- Identificação do canal principal, onde também percebemos o rígido controle estrutural da litologia com 4 grandes curvas a 90° apenas. O curso superior corre encaixado sobre afloramentos de rocha em diversos pontos. O baixo curso entre as cotas de 1150m e a foz, são de terreno mais aberto (figura 21)

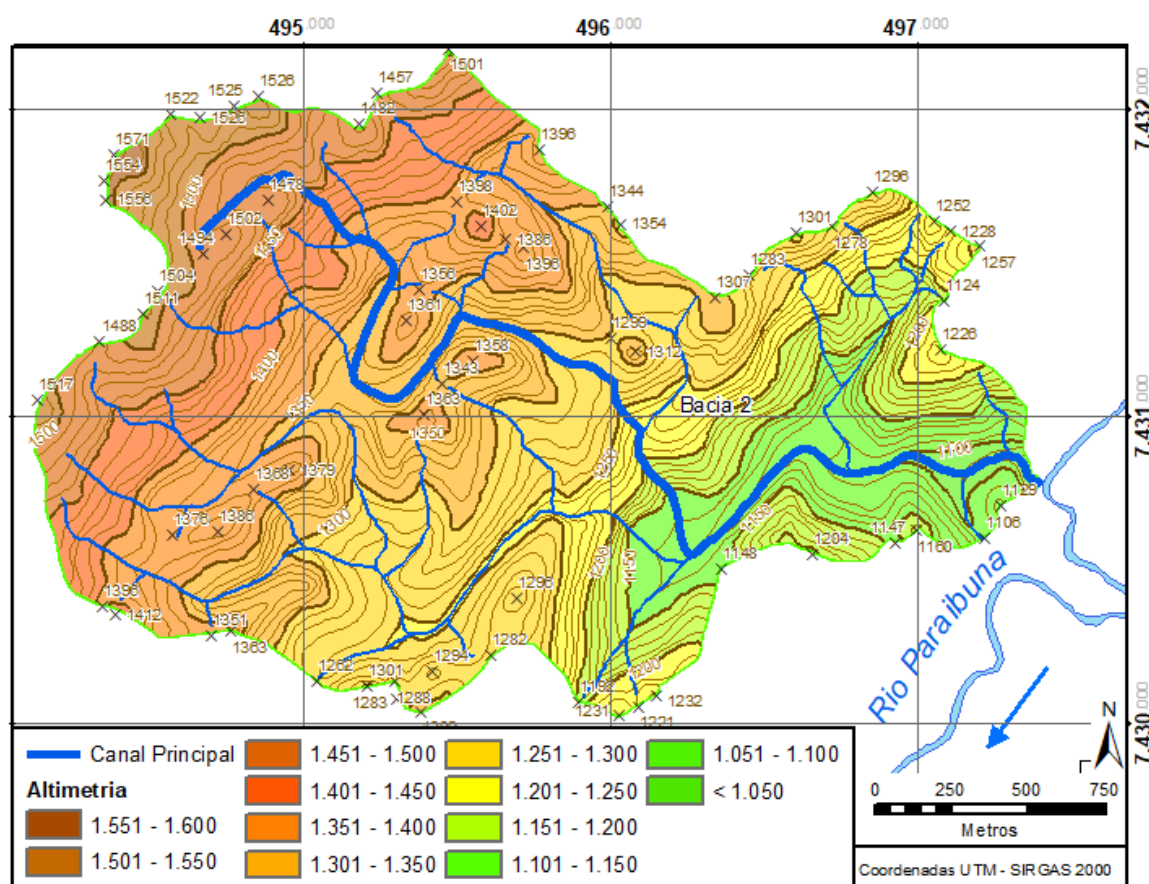


Figura 21 - Identificação do Canal Principal da Bacia 2 (mapa do autor)

- Relação de comprimento médio dos canais:

Tabela 4 - Relação dos Comprimentos dos canais por ordem na bacia 2

Ordem	Extensão média dos canais (km)	Relação do comprimento médio entre ordens
1	0,330	
2	0,247	0,747
3	0,361	1,464
4	0,353	0,976

Análise de Altitude

Gradiente dos canais: Maior altitude do canal Principal, 1.500m; cota da Foz 1.072m; desnível 428m ou 0,44km; Extensão do canal principal, 3,116km. De forma que o gradiente é de $(0,43 / 4,389) \cdot 100 = 9,79\%$

- Perfil Topográfico, figura 21, apresenta uma conformação de alta declividade ao longo do trecho acima da cota de 1200m, uma ruptura acentuada entre a cota 1200m e 1100m e uma suavização relativa entre a cota 1.100m e a foz no rio Paraibuna:

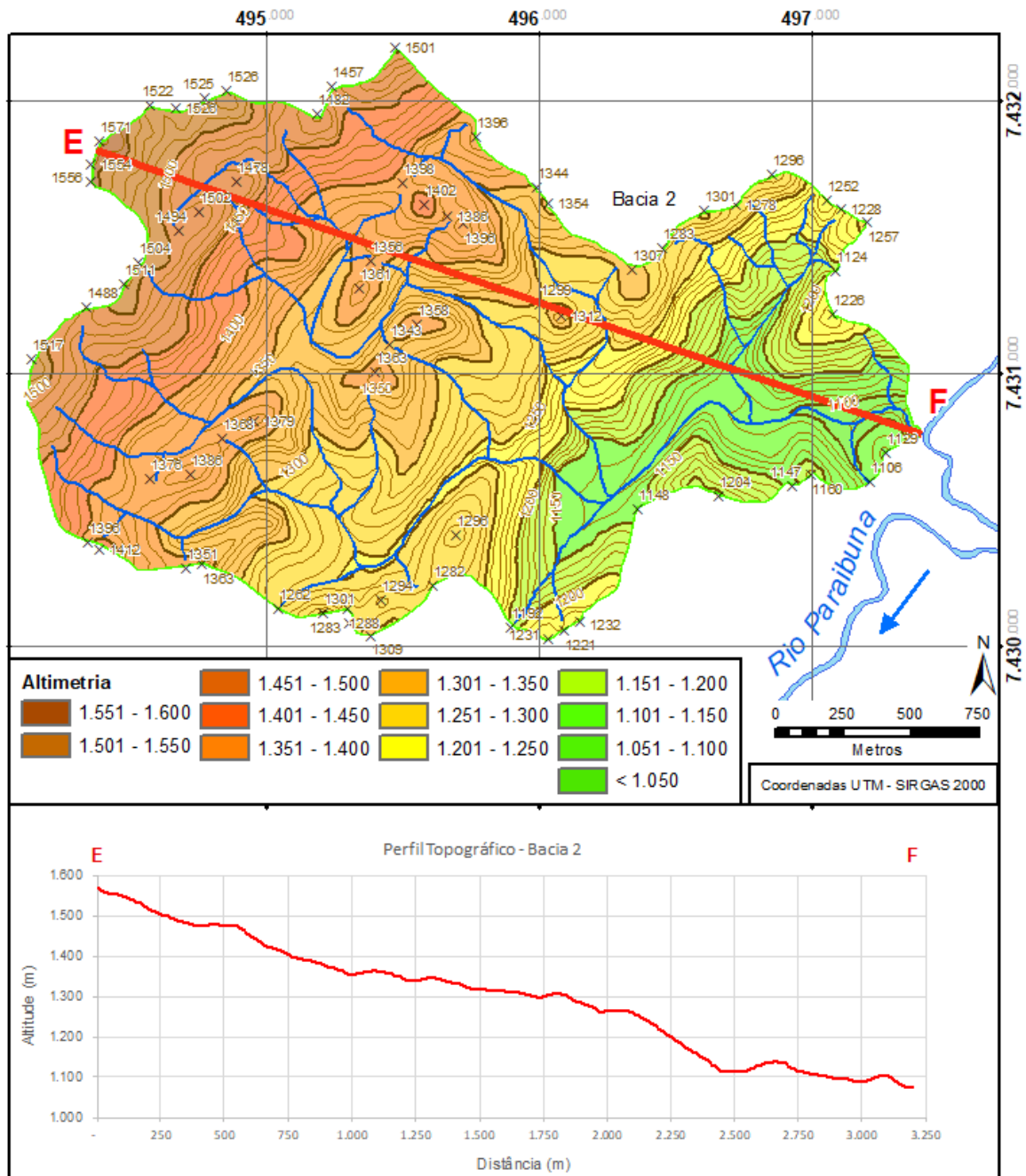


Figura 22 - Perfil topográfico da Bacia 2 (mapa do autor)

- Perfil Longitudinal do canal principal, figura 22, onde podemos notar uma sequência de alta declividade da nascente até a cota 1.350, onde o rio faz uma curva em ângulo reto para Sul; Em seguida, de frente a outro curso, faz uma série de 3 curvas (SE – NE – E), e desce abruptamente em trecho levemente encachoeirado. Ao final do trecho, em ângulo reto, para NE, de frente a um afloramento rochoso.

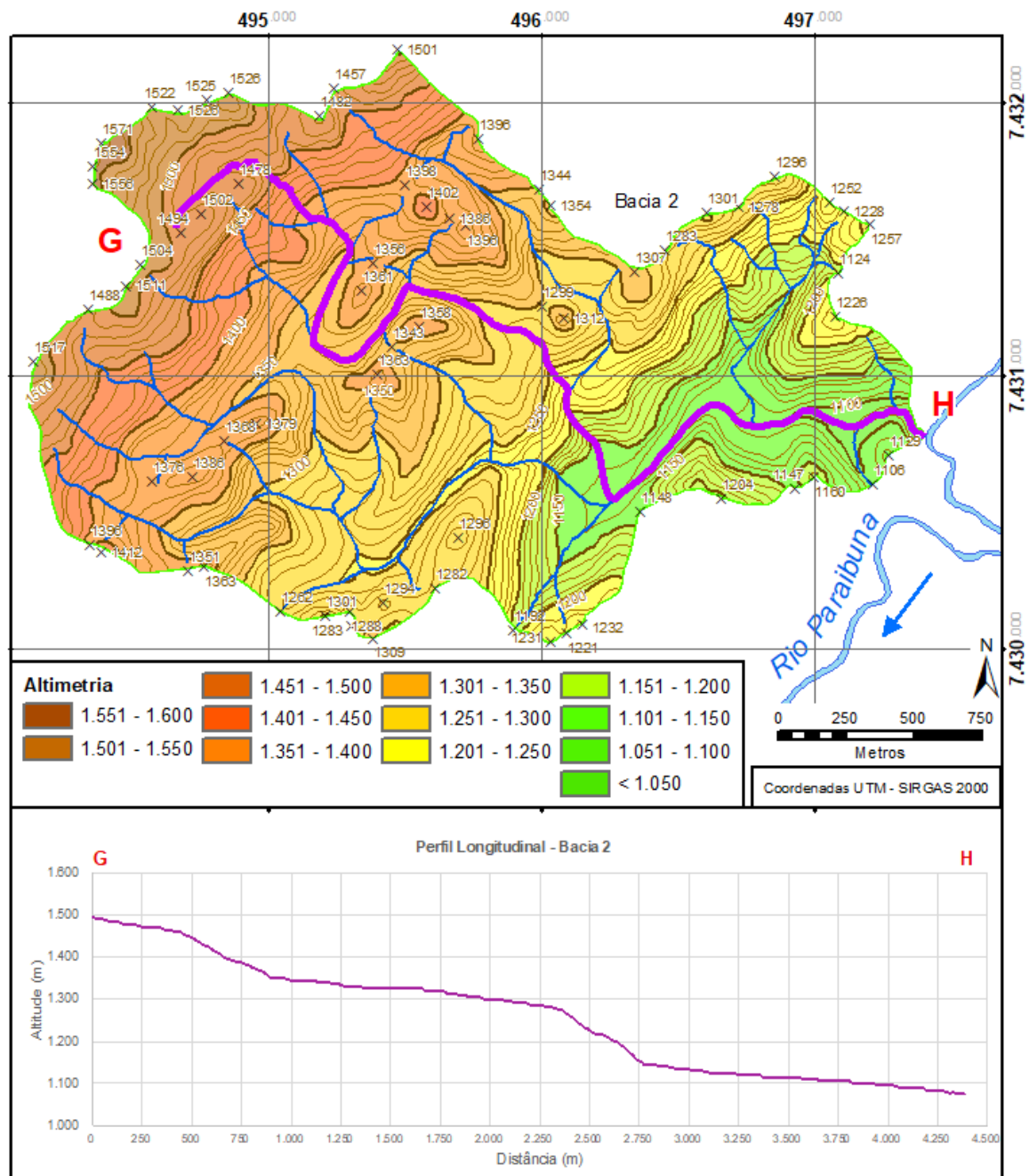


Figura 23 - Perfil longitudinal da Bacia 2 (mapa do autor)

5 – Resultados

A seguir o resumo dos índices obtidos (tabela 5), onde percebemos a diferença entre as duas bacias em especial à maior área, declividade, extensão dos canais e altimetria do relevo e gradiente dos canais. Isto se deve, principalmente, pela posição das nascentes da Alta bacia 2

Tabela 5 - Resumo dos índices morfométricos

Índices	Bacia 1	Bacia 2
Perímetro (km)	7,410	10,390
Área (km ²)	2,389	4,413
Ordem da bacia	3 ^a	4 ^a
Número de Segmentos de Canais	55	68
Extensão total dos Canais (km)	12,219	21,609
Densidade Hidrográfica	23,022	15,409
Densidade de Drenagem	5,115	4,897
Índice de Compacidade	1,342	1,385
Tendência a Inundação	Média	Média-Alta
Maior Altitude da bacia	1.571	1.385
Maior Altitude do Canal Principal	1.150	1.500
Cota da Foz	1.048	1.072
Diferença entre a Cota Máxima da Bacia e Cota da Nascente (m)	421	371
Diferença entre as Cotas da Nascente e da Foz (m)	102	428
Gradiente dos Canais (%)	3,21	9,79

- Curva hipsométrica, comparativa das duas bacias nos mostram uma tendência a estabilidade da Bacia 1 e ainda uma grande capacidade de carreamento da Bacia 2 (figura 23).

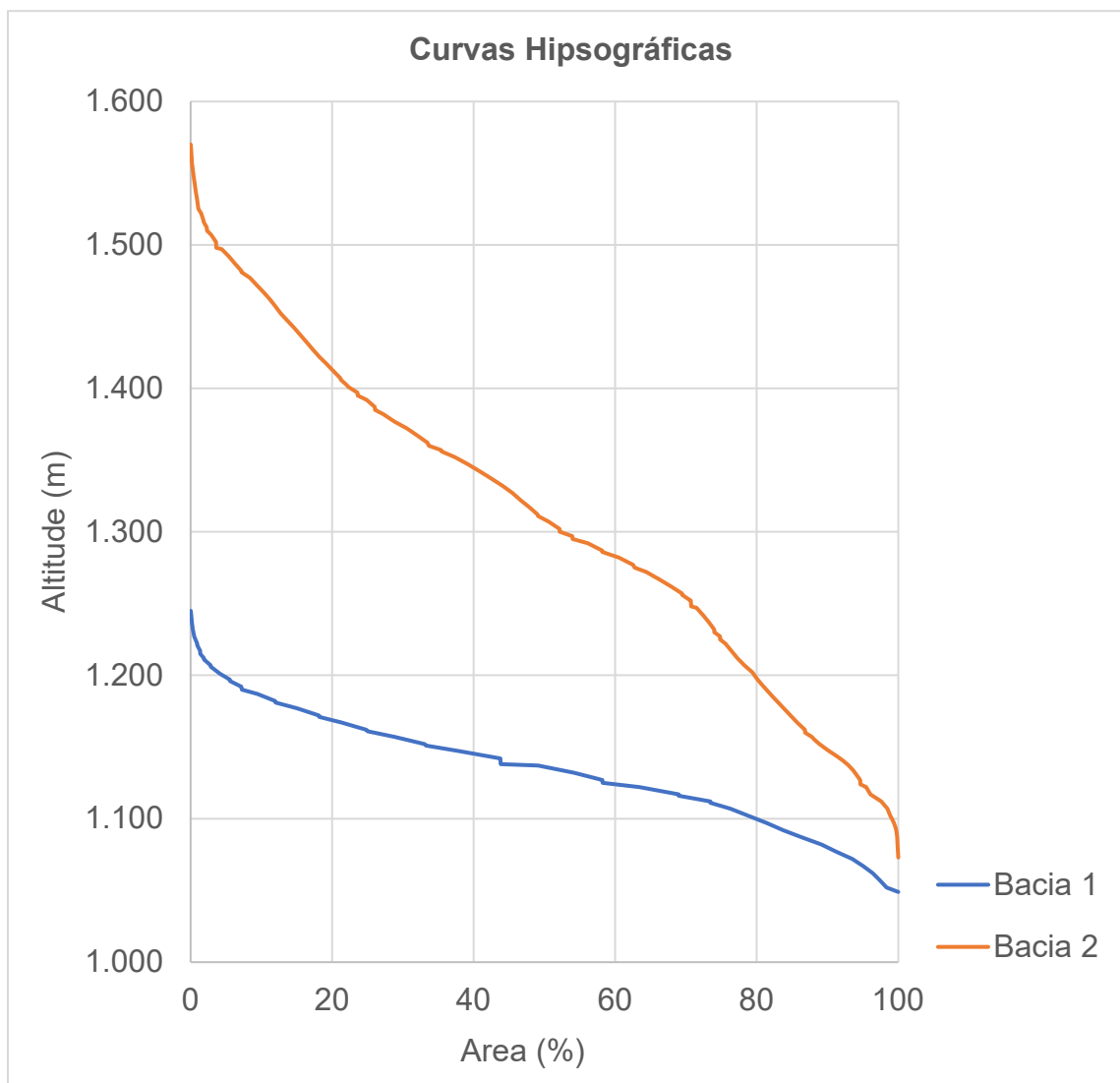
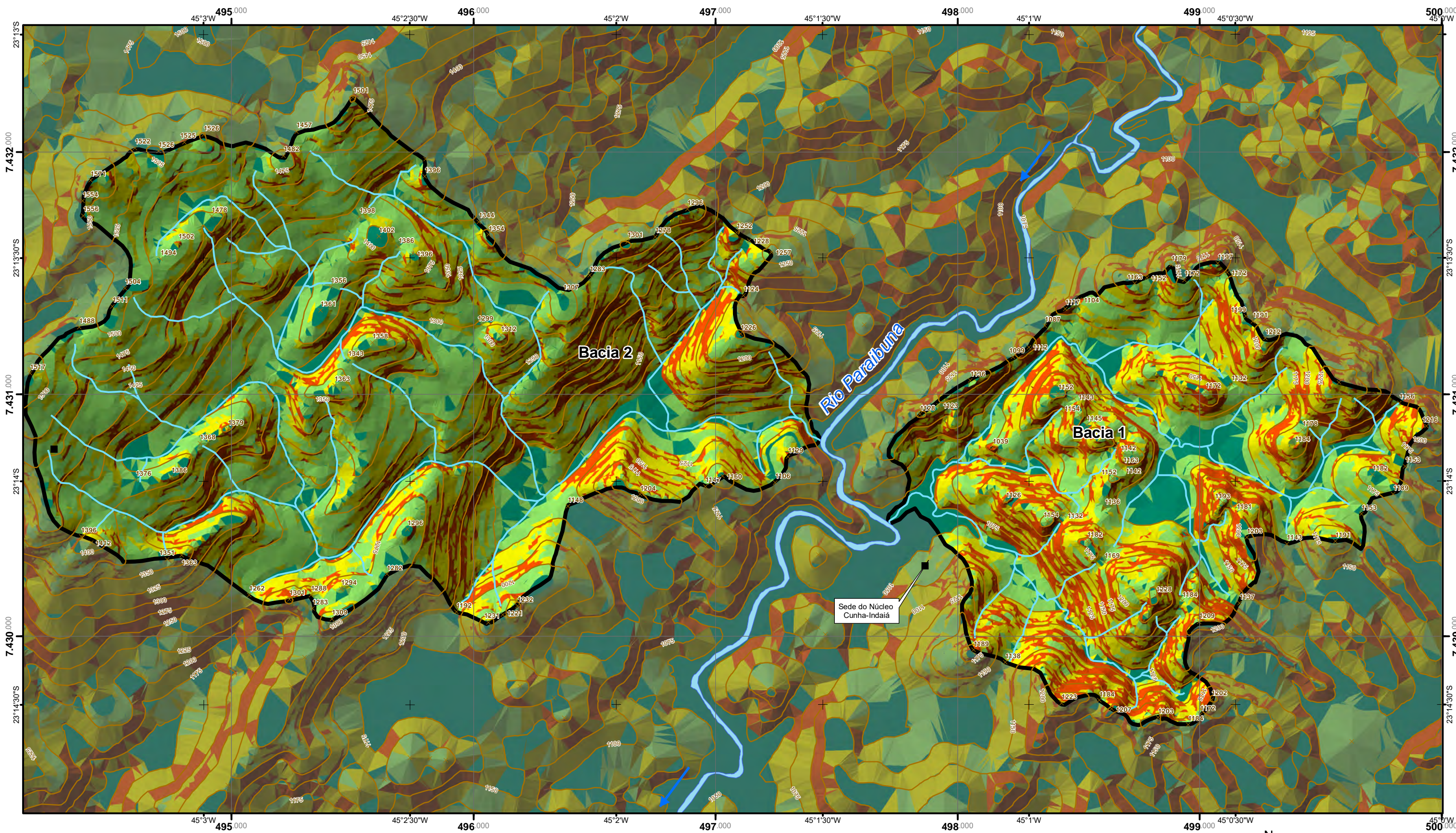


Figura 24 - Curvas Hipsográficas

A carta clinográfica (figura 25), se destacam as maiores declividades na bacia 1 e na parte inferior da bacia 2. Nota-se na alta bacia 2, o alinhamento das maiores declividades concordantes com linha de falha de natividade e recorrências.

Carta Clinográfica



- Hidrografia
- Limite das Bacias
- Curvas de Nível

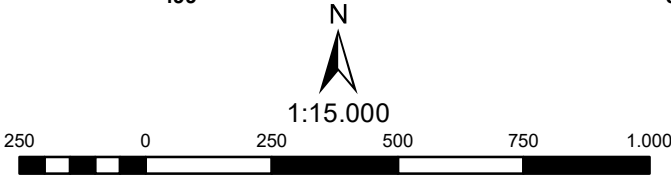
Declividade (°)

- 0 - 5
- 5 - 15
- 15 - 25
- > 25

Utilizado efeito de sombra para ressaltar o relevo

Notas:

Fontes:
IGC, 1978, Carta Topográfica 1:10.000 MI 084/131
"Fazenda Barracão"
IGC/EMPLASA, 2010/2011, Projeto Mapeia São Paulo
in: <http://dados.ambiente.sp.gov.br>
DE BIASI, M. 1992. "A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção" Revista do Departamento de Geografia n.º 6, São Paulo: USP



Sistema de Coordenadas UTM - Sirgas 2000 - Fuso 23 Sul
Equidistância das Curvas de Nível: 25 metros

Figura 25

As características das Bacias são muito semelhantes entre a Bacia 1 e o baixo curso da Bacia 2, como esperado por estarem sobre a mesma litologia.

A alta Bacia 2, se diferencia pela menor declividade média, com trechos de ruptura abrupta.

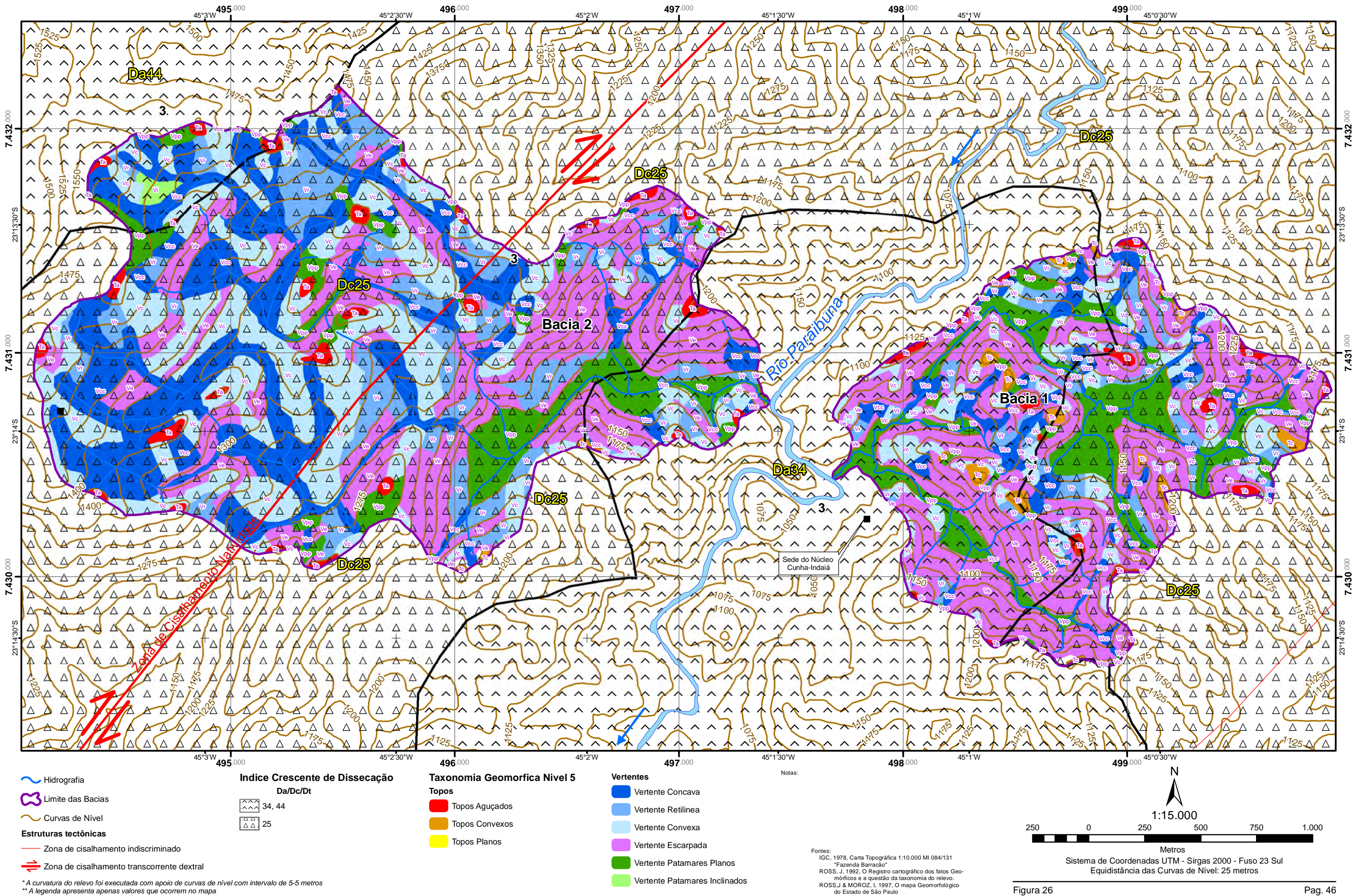
Ambas as bacias sofrem controle estrutural como visto nas diversas curvas em ângulo reto e conformação de cotovelos de trechos dos canais.

Como resultado secundário, na tabela 6 abaixo, vemos os valores da evolução da vegetação, em hectares, entre 1997 e 2010.

Por fim, e como objetivo maior deste trabalho, realizamos o mapeamento do 5º nível taxonômico da geomorfologia (Ross, 1992 e Ross e Moroz, 1997) para as 2 sub-bacias, conforme a figura 26.

Importante notar a mudança de padrão dos setores de vertente entre a Bacia 1 e o setor inferior da bacia 2 com relação ao setor superior da bacia 1, concordante com a zona de cisalhamento de natividade.

Carta Classificação dos Setores de Vertente



6 - Conclusões

As fortes evidências da captura do curso dos rios Paraitinga e Paraibuna, pelo Rio Paraíba do Sul (ALMEIDA, 1964, p.192) parecem ser uma constante no planalto de Paraitinga, como pode ser observado na conformação dos rios, onde observamos muitas rupturas de traçado e o evidente alinhamento destes com as estruturas tectônicas.

A recuperação da vegetação promovida após a criação do Parque Estadual da Serra do Mar permitiu o surgimento de diversas nascentes, resultado da maior capacidade de retenção da umidade.

A diferença entre o número de rios é consequência da recuperação da vegetação, mas, a mudança de traçado em 2 rios na bacia 1 teriam ocorrido independente da vegetação visto serem mudança de sinuosidade em área de baixíssima declividade e solo de pouca resistência.

As técnicas e produtos que foram aqui apresentados se mostram como ferramenta poderosa e abrangente, contudo exigindo trabalho prévio de automatização para serem aplicáveis em áreas maiores.

Seria interessante fomentar essas análises em uma área maior e mais heterogênea ou em diversas áreas distantes umas das outras como forma de testar outras possibilidades e limitações.

Uma limitação evidente da técnica é a precisão e periodicidade de atualização da cartografia de base. Fator que, médio-longo prazo, tende a ser minimizado ou mesmo superado com a popularização de acesso e aperfeiçoamento dos insumos de imagens radar orbitais. Este produto permitirá realizar estudos morfométricos cada vez mais precisos.

Outra limitação, neste caso mais pessoal, foi a falta de familiaridade com ferramentas e análises sobre imagens de radar orbitais muito mais acessíveis e de melhor resolução atualmente. Superar esta limitação no futuro próximo é um objetivo.

7 - REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AHNERT, F. **An approach towards a descriptive classification of slopes** Z Geomorph. N. F. Suppl Bd 9: 71-84, 1970

AHNERT, F. **A note on measurements and experiments in geomorphology** Z Geomorph. N. F. Suppl Bd, 35: 1-10, 1980

ALMEIDA, F.F.M. **Fundamentos geológicos do relevo paulista** ; São Paulo . 1964. IGG - Boletim 41 p 167- 263.

ARCOVA, F. C. S.. **Balanço hídrico, características do deflúvio e calibragem de duas microbacias hidrográficas na serra do mar, sp.** 1996. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996. doi:10.11606/D.11.2016.tde-25042016-183209. Acesso em: 2019-03-22. BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**; 7ª ed.; Rio de Janeiro: Freitas Bastos; 898p. 1989

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise morfométrica das bacias hidrográficas.** Notícia Geomorfológica; 1969 Campinas; vol. 9 n.º 18, Dezembro: 35 - 64.

CHRISTOFOLETTI, A.. **Análise morfométrica das bacias hidrográficas do planalto de Poços de Caldas (MG)**; Rio Claro: Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras; Tese de Livre Docência. 215 p. 1970

CHRISTOFOLETTI, A.; **“Geometria hidráulica.** 1976 Notícia Gemorfológica; Campinas; vol. 16 n.º 32, Dezembro: 3 - 37.

DE BIASI, M. **A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção** Revista do Dep Geografia n o. 6; São Paulo: USP 1992

CICCO, V. de; EMMERICH, W.; FARIA, A. J.; FUGIEDA, M. Projeto de pesquisas hidrologicas em floresta natural na reserva de Cunha: determinacao do balanço hídrico In: SEMINARIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: A Influencia das Florestas no Manejo de Bacias Hidrograficas, 1985, Curitiba. Anais... Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1985. p.135-142. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 16)

FURIAN, S. M. **Estudo geomorfológico do escoamento superficial pluvial em parcelas experimentais no parque estadual da serra do mar, núcleo cunha/ SP: um esboço metodológico**; São Paulo: USP-FFLCH- DG. Dissert. Mestrado. 1987

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. SECRETARIA DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO. **Programa Macro-Eixo Rio-São Paulo. Cenários Alternativos de Desenvolvimento**. Programação de Investimentos Públicos. São Paulo, 1977. Fotografias aéreas, Índice AF-3964-7 -8212 a 8214. escala aproximada 1:8.000

GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. Da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**"; 2ª ed.; Rio de Janeiro:Bertrand Brasil; 472 p. 1995

HORTON, R. E.; **Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology**" 1945 Geol. Soc. Amer. Bull. ,56 (3): 275-370.

INSTITUTO AGRONOMICO DE CAMPINAS (IAC). EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA (EMBRAPA). **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo**. Legenda Expandida. 64p. Campinas. 1999

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Carta Topográfica**. 1973. Folha Iagoinha MI 2770-2 – Nomenclatura SF.23-Y-D-III-2, escala: 1:50.000.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO (IGC). **Plano Cartográfico do Estado de São Paulo**. São Paulo. 1978. folha Fazenda Barracão - MIR 084/131 – Nomenclatura SF.23-Y-D-III-2- SE -F. Escala 1:10.000.

INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT)
Geologia da região administrativa 3 (vale do paraíba) e parte da região administrativa 2 (litoral) do estado de São Paulo. São Paulo: IPT. 78p. 1978

KNECHT, T. **Pré cambriano Inferior** 1964 São Paulo: IGG - Boletim 41; p: 14-36.

PRANDINI, F.L. & IWASA, O. Y. & LEITE, C. A. G. & SANTOS, M.T.M; **O uso e ocupação do solo no alto Paraíba (I) Contribuição ao conhecimento de sua evolução** ; .; 1982 *in*: anais do congresso nacional sobre essências nativas; ed especial silvicultura, v.16 A, parte 3: p 1929 - 1935.

ROSS, J. **O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo.**1992 *Revista do Departamento de Geografia*, v. 6, p. 17-29.

ROSS, J., & MOROZ, I. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo.** 1997 *Revista Do Departamento De Geografia*, 10

RADAMBRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA . **Levantamento de Recursos Naturais** vol 32 folhas SF.23/34 Rio de Janeiro/ Vitória. 1983. Mapas: Geológico, Geomorfológico, Pedológico, Vegetação escala 1:1.000.000” Rio de janeiro: MME- Secretaria Geral: Projeto Radambrasil.

USP.DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA. IPT. **Carta Geomorfológica do Estado de São Paulo** 1997 Escala 1:500.000

VERSTAPPEN, H. Th. **Applied geomorphology: geomorphological surveys for environmental development.**; Amsterdam: Elsevier. 1973