



FRED TEIXEIRA TRIVELLATO

**DINÂMICA FLUVIAL NO CANAL PRINCIPAL DA BACIA DO RIO DO
PEIXE (PLANALTO OCIDENTAL PAULISTA): ANÁLISE COMPARATIVA A PARTIR
DA EXPEDIÇÃO 1905/1906 REALIZADA PELA COMISSÃO GEOGRÁFICA E
GEOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO**

**Campinas
2013**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

FRED TEIXEIRA TRIVELLATO

**“Dinâmica fluvial no canal principal da bacia do rio do Peixe
(Planalto Ocidental Paulista): análise comparativa a partir da expedição 1905/1906
realizada pela Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo”**

ORIENTADOR: PROF. DR. ARCHIMEDES PEREZ FILHO

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA AO INSTITUTO DE
GEOCIÊNCIAS DA UNICAMP PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
MESTRE EM GEOGRAFIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO ANÁLISE
AMBIENTAL E DINÂMICA TERRITORIAL.**

**ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA TESE
DEFENDIDA PELO ALUNO FRED TEIXEIRA TRIVELLATO E
ORIENTADO PELO PROF. DR. ARCHIMEDES PEREZ FILHO**

Campinas

2013

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Geociências
Cássia Raquel da Silva - CRB 8/5752

T739d Trivellato, Fred Teixeira, 1982-
Dinâmica fluvial no canal principal da Bacia do Rio do Peixe (Planalto Ocidental Paulista) : análise comparativa a partir da expedição 1905/06 realizada pela Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo / Fred Teixeira Trivellato. – Campinas, SP : [s.n.], 2013.

Orientador: Archimedes Perez Filho.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.

1. Geografia física. 2. Geomorfologia fluvial - Peixe, Rio do (SP). 3. Bacias hidrográficas - Peixe, Rio do (SP). I. Perez Filho, Archimedes, 1947-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Fluvial dynamics in the main channel of the River Basin of the Peixe (West Plateau Paulista) : comparative analysis from the 1905/06 expedition conducted by Geographical and Geological Commission of São Paulo

Palavras-chave em inglês:

Physical geography

Fluvial geomorfology

Watersheds Basin - Peixe, Rio do (SP)

Área de concentração: Análise Ambiental e Dinâmica Territorial

Titulação: Mestre em Geografia

Banca examinadora:

Archimedes Perez Filho [Orientador]

Marcos Cesar Ferreira

Paulo Cesar Rocha

Data de defesa: 07-08-2013

Programa de Pós-Graduação: Geografia



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE ANÁLISE AMBIENTAL E DINÂMICA TERRITORIAL

AUTOR: Fred Teixeira Trivellato

"Dinâmica fluvial no canal principal da bacia do rio do Peixe (Planalto Ocidental Paulista): análise comparativa a partir da expedição 1905/1906 realizada pela Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo"

ORIENTADOR: Prof. Dr. Archimedes Perez Filho

Aprovado em: 07 / 08 / 2013

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Archimedes Perez Filho

- Presidente

Prof. Dr. Marcos César Ferreira

Prof. Dr. Paulo César Rocha

Campinas, 07 de agosto de 2013.

dedicatória

à Lívia, pelo apoio e compartilhar da vida nos últimos sete anos.

AGRADECIMENTOS

A todas pessoas que compuseram o laboratório GADIS (Unesp Presidente Prudente) entre 2011 e 2012. Cezar Leal sempre prestativo no apoio logístico, pessoa fundamental para que as coisas acontecessem em campo. Rafael Silva, pela ajuda e dicas. Eder Pereira dos Santos pelo acolhimento em sua república, durante os primeiros trabalhos de campo em Presidente Prudente.

Paulo Cesar Rocha pelo atendimento e apoio com material de campo. Eduardo Moraes e todo pessoal do laboratório de Geologia e Dinâmica de Fluídos da Unesp Presidente Prudente.

Aos componentes da banca de qualificação e defesa pelas contribuições e leitura cuidadosa, professores Marcos César Ferreira, José Teixeira Filho, Paulo Cesar Rocha e Cezar Leal.

Aos colegas de grupo de pesquisa que contribuíram aos trabalhos de campo: Diego Nascimento, Ewerton Valésio e Daniel Storani.

Aos colegas da pós graduação que em algum momento contribuíram à pesquisa: Danilo Garófalo, Kleber Carvalho, Cassiano Messias, Silas, André Celarino, Marina Sória, Roberta Marquezi Bueno, Sérgio Teixeira, Rodrigo Mandujano e Rolando.

A Valentim Perussi e Sr. Darcy por ter aceitado a difícil empreitada das medições de vazão em campo, se embrenhando no mato, se sujando para ancorar e bater estacas, tomando chuva. Valeu o comprometimento, foi uma ótima experiência o contato com os senhores.

A turma e agregados do samba que compõem o bloco de carnaval do Cupinzeiro.

Aos professores Lindon Fonseca Mathias e Salvador Carpi Junior.

Aos funcionários da secretaria de pós-graduação do Instituto de Geociências, especialmente Valdirene Pinotti e Maria Goretti Bernadelli, sempre solícitas e com informações corretas e precisas.

Às bibliotecárias da biblioteca Conrado Paschoale – IG Cássia da Silva e Alexandra Andrade.

Ao professor orientador Archimedes Perez Filho por abrir portas ao caminho acadêmico, sua gentileza impecável e orientação.

A Raphael do Comitê de Bacias Hidrográficas Aguapeí – Peixe em Marília, pelo concedimento de arquivos vetoriais da área de pesquisa.

Ao Arquivo Público do Estado de São Paulo pela pesquisa em seus arquivos e fornecimento de documentos digitalizados da Comissão Geográfica e Geológica.

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP pela concessão de bolsa mestrado.



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**DINÂMICA FLUVIAL NO CANAL PRINCIPAL DA BACIA DO RIO DO PEIXE (PLANALTO
OCIDENTAL PAULISTA): ANÁLISE COMPARATIVA A PARTIR DA EXPEDIÇÃO 1905/06
REALIZADA PELA COMISSÃO GEOGRÁFICA E GEOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO
PAULO**

RESUMO

Dissertação de Mestrado

Fred Teixeira Trivellato

Esta pesquisa analisa as transformações na geometria hidráulica do rio do Peixe ocorrida em período de 106 anos. Os dados históricos de referência são da extinta Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo, em sua expedição de 1906, quando toda extensão da bacia hidrográfica ainda estava livre da ocupação urbana e exploração agrícola intensiva. Os exploradores realizaram descrições da paisagem que circunda o rio (vegetação, relevo, solo e população indígena) e também perfis transversais no seu canal a fim de verificar largura, profundidade e descarga, os quais são refeitos pela presente pesquisa. Foram coletados dados em campo obtidos em cinco perfis, distribuídos entre o médio e baixo curso, localizados nos municípios de Tupã, Bastos, Parapuã, Mariápolis e Ribeirão dos Índios, durante os meses de estiagem, assim como realizado em 1906. Os resultados apontam aumento na largura, profundidade, velocidade de fluxo e vazão e diminuição nos índices de declividade e sinuosidade. A análise geográfica do comportamento fluvial perpassa pela evolução do uso das terras em série histórica e levantamento do regime de chuvas e hidrológico da bacia hidrográfica. Constatou-se que a partir de 1920 a cobertura vegetal natural é paulatinamente retirada, causando efeitos no equilíbrio do canal fluvial. Concluiu-se que o aumento nas variáveis de geometria hidráulica se devem ao aumento do escoamento superficial e carga sedimentar gerado pelo desmatamento, uso agrícola e urbana, assim como o incremento no sistema de águas subterrâneas por meio de exploração de poços tubulares dos sistemas aquíferos sedimentar e basáltico.

Palavras Chave: Geografia Física, Geomorfologia Fluvial, Bacias Hidrográficas, Rio do Peixe



**UNIVERSITY OF CAMPINAS
INSTITUTE OF GEOSCIENCE**

**FLUVIAL DYNAMICS IN THE MAIN CHANNEL OF THE RIVER BASIN OF THE PEIXE
(WEST PLATEAU PAULISTA): COMPARATIVE ANALYSIS FROM THE 1905/06
EXPEDITION CONDUCTED BY GEOGRAPHICAL AND GEOLOGICAL COMMISSION OF
SÃO PAULO.**

ABSTRACT

Master Degree

Fred Teixeira Trivellato

This research analyzes hydraulic geometry changes of the Peixe river occurred in a period of 106 years. The historical reference data are from the extinct Geographical and Geological Commission of the State of São Paulo. This 1906 expedition occurred when the basin river system was still free of urban occupation and intensive farming. The explorers carried descriptions of the landscape surrounding the river (vegetation, topography, soil and the indigenous population) as well as cross sections on fluvial channel to check width, depth and discharge, which are remade by this research. Field data were obtained from five profiles, distributed between the middle and lower course, located in the municipalities of Tupa, Bastos, Parapuã, Mariópolis and Ribeirão dos Índios during the winter months, as done in 1906. The results accuse increase in width, depth flow velocity and flow and reduce the rates of slope and sinuosity. The geographical analysis of behavior river goes through the evolution of land use in time series and survey of rainfall and hydrological regime in the basin. It is known that in 1906 there was a natural dynamics in the watershed and after 1920 the vegetation is gradually withdrawn, increasing runoff and erosion development.

Keywords: Physical Geography, Fluvial Geomorphology, Drainage Basin, Peixe river

SUMÁRIO

RESUMO	xi
ABSTRACT	xiii
LISTA DE FIGURAS	xvii
LISTA DE TABELAS	xix
LISTA DE SIGLAS	xxi
1. INTRODUÇÃO	1
1.2 Área De Pesquisa	3
2. HIPÓTESE	5
2.1 JUSTIFICATIVA	5
OBJETIVOS	7
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3.1 Comissão Geográfica e Geológica	9
3.1.1 Expedições da Comissão Geográfica e Geológica	13
3.1.2 Características do Relatório Rio do Peixe	18
3.2 Embasamento Teórico	27
3.2.1 Perfil Longitudinal	30
3.2.2 Variáveis de Geometria Hidráulica	33
3.3 Histórico de Uso e Ocupação das Terras	35
4. MATERIAIS E MÉTODOS	41
4.1 Caracterização do Meio Físico	41
4.2 Metodologia	47
4.2.1 Trabalho de Gabinete	47
4.2.2 Trabalho de Campo	52
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
5.1 Mapeamento Do Uso Das Terras	57
5.2 Rupturas de Declives (Saltos, Cachoeiras e Soleiras)	62
5.3 Análise de Vazões	68
5.3.1 Medições de Vazão em campo	71

5.4 Perfil Longitudinal	73
5.4.1 Medidas de Largura em Seções Transversais	76
5.4.2 Medidas de Sinuosidade do Canal	84
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização da bacia do rio do Peixe e entorno.	p.4
Figura 2.1: Bacia do rio do Peixe e áreas susceptíveis a erosão.	p.6
Figura 3.1: Carta Geral do Estado de São Paulo.	p.12
Figura 3.2: Fotografia do grupo da Expedição ao Peixe em suas margens.	p.14
Figura 3.3: Fotografia de medições feitas em picada aberta pela expedição do rio do Peixe em 1906.	p.16
Figura 3.4: Fotografia de trilha aberta pela expedição em 1906.	p.17
Figura 3.5: Imagem de localização dos córregos Arrependido, Panela, Fazenda do Mirante e Campos Novos Paulista. Data da imagem 15/12/2011.	p.19
Figura 3.6: Imagem de localização dos acampamentos, córregos e seções percorridas em 1906.	p.20
Figura 3.7: Fotografia dos integrantes da segunda expedição ao Peixe em 1906, acampamento Margem do Peixe.	p.22
Figura 3.8: Fotografia do Salto Biguá.	p.23
Figura 3.9: Fotografia do Salto Quatiara queda margem esquerda.	p.24
Figura 3.10: Fotografia do Salto Quatiara queda margem direita.	P.24
Figura 3.11: Fotografia do Salto guachos. Arquivo Público do Estado de São Paulo.	p.25
Figura 3.12: Fotografia do Salto Quatiara em 1938.	p.26
Figura 3.13: Fotografia do Salto Quatiara em 1940.	p.26
Figura 3.14: Mapa de localização da Cultura do Café e vias férreas em 1929.	p.38
Figura 4.1: Mapa de localização das Formações vegetais naturais do oeste paulista.	p.46
Figura 4.2: Bacia hidrográfica rio do Peixe e perfis transversais 1906, refeitos em 2012.	p.48
Figura 4.3: Fotografias de medições em campo, setembro e outubro de 2012.	p.55
Figura 5.1: Mapa de Uso das Terras em 1972.	p.58
Figura 5.2: Gráfico mudanças no Uso e Ocupação das terras em dois momentos.	p.60
Figura 5.3: Gráfico de porcentagem dos usos agrícolas para a bacia do rio do Peixe.	P.61
Figura 5.4: Cachoeira (salto) Quatiara, Biguá e corredeiras em recorte de carta CGG 1906 1:50.000.	p.64
Figura 5.5: Cachoeira (salto) Guachos e corredeiras em recorte carta CGG 1906 1:50.000.	p.64
Figura 5.6: Cachoeiras Quatiara, Biguá e corredeiras.	p.65

Figura 5.7 Cachoeira (salto) dos Guachos e corredeiras.	p.66
Figura 5.8: Fotografia de análise em pluviógrafo em Usina Quatiara 21/09/2012.	p.67
Figura 5.9: Fotografia de abertura de Comportas em Usina Quatiara 21/09/2012.	p.67
Figura 5.10: Gráfico das vazões médias mensais para o período de 1940 a 1978.	p.70
Figura 5.11: Gráfico de perfil longitudinal 1906 em equidistância altimétrica de 10 metros e 5 metros na região das rupturas de declive.	p.74
Figura 5.12: Gráfico de perfil longitudinal 1906 em equidistância altimétrica de 20 metros.	p.74
Figura 5.13: Gráfico de perfil longitudinal cartas topográficas IBGE de todo canal.	p.74
Figura 5.14: Gráfico de perfil longitudinal de Cartas topográficas IBGE a partir do km 53 a contar da nascente mais distante em relação ao exutório.	p.74
Figura 5.15: Gráfico de perfil longitudinal SRTM.	p.74
Figura 5.16: Desenho de 1906 de seção transversal A-B.	p.77
Figura 5.17: Perfil transversal A-B a partir de dados de campo de 20-09-2012.	p.77
Figura 5.18: Desenho de 1906 de seção transversal C-D.	p.78
Figura 5.19: Perfil transversal C-D a partir de dados de campo de 02-10-2012.	p.78
Figura 5.20: Desenho de 1906 de seção transversal E-F.	p.79
Figura 5.21: Perfil transversal E-F a partir de dados de campo de 02-10-2012.	p.79
Figura 5.22: Desenho de 1906 de seção transversal G-H.	p.80
Figura 5.23: Perfil transversal G-H a partir de dados de campo de 03-10-2012.	p.80
Figura 5.24: Desenho de 1906 de seção transversal I-J.	p.81
Figura 5.25: Perfil transversal I-J a partir de dados de campo de 04-10-2012.	p.81

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1: Principais características pluviométricas da bacia do rio do Peixe.	p.43
Tabela 4.2: Variáveis de Geometria Hidráulica.	p.52
Tabela 5.1: Variação percentual das classes de uso 1972 – 1997 e 1972 – 2008.	p.61
Tabela 5.2: Vazões Médias 1940 – 2000 alto, médio e baixo Peixe.	p.68
Tabela 5.3 Unidades pluviais propostas por Sant'Anna Netto (2000). Médias anuais para bacia do rio do Peixe em três períodos sugeridos.	p.69
Tabela 5.4: Medias decenais em m ³ /s para o Posto Fluviométrico Tupã-Varpa.	p.70
Tabela 5.5 Comparativo de medidas de vazão 1906 – 2012.	P.71
Tabela 5.6: Declividade canal Peixe 1974.	p.75
Tabela 5.7: Declividade canal Peixe 1906.	p.76
Tabela 5.8: Medidas de Largura com base em Google Earth.	p.82
Tabela 5.9: Larguras rio do peixe 1906 e imagem Google Earth.	p.83
Tabela 5.10: Índice de Sinuosidade 1906 – 1974.	p.84

LISTA DE SIGLAS

ANA -Agência Nacional de Águas

ASTER – Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer

CATI – Coordenadoria de Assistência Técnica Integral

CGG – Comissão Geográfica e Geológica

CTH – Centro de Tecnologia Hidráulica

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica

GDEM – Global Digital Elevation Model

IAC – Instituto Agrônômico de Campinas

IGC – Instituto Geográfico e Cartográfico

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IF – Instituto Florestal

IPT – Instituto de Pesquisa Tecnológica

LANDSAT – Land Remoting Sensing Satellite

LUPA – Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuárias do Estado de São Paulo

PCH – Pequena Central Hidrelétrica

SIGRH – Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission

UGRHI – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

1. INTRODUÇÃO

Na sociedade atual, no que tange a projetos de políticas públicas, os rios são usados como elemento central para o desenvolvimento capitalista, como reservatório de recursos hídricos para abastecimento urbano e irrigação agrícola, fonte de geração de energia hidrelétrica, receptores de efluentes domésticos, industriais e do escoamento pluvial urbano, entre outros. Diversos problemas são decorrentes desses usos, tais como poluição das águas fluviais, oriundas dos efluentes domésticos e industriais, conflitos de interesses e escassez para abastecimento em grandes regiões metropolitanas altamente urbanizadas, assim como para abastecimento em grandes projetos de irrigação.

Tal necessidade pela água como recurso para diversos fins não implica em gerenciamento adequado dos rios em relação à ocupação de suas margens, preservação de afluentes e ocupação da bacia hidrográfica. Áreas urbanas são indiscriminadamente expandidas, impermeabilizando o solo e comprometendo diversos canais que compõem a rede fluvial de uma bacia hidrográfica, efluentes domésticos e industriais são despejados em rios sem tratamento adequado, populações carentes ocupam margens fluviais que deveriam ser preservadas por vegetação ciliar. Áreas rurais, mantêm a mesma lógica de ocupação indiscriminada, com desmatamento para máximo proveito em áreas agrícolas, manejo inadequado do solo em pastagens, culturas temporárias, perenes e estradas mal projetadas causando processos erosivos, muitas vezes não controlados, comprometendo o equilíbrio e dinâmica dos rios e seus afluentes.

Nesse panorama é crescente nas últimas décadas projetos e políticas públicas que visam conter tal lógica predatória de uso e ocupação das margens dos rios e seus recursos hídricos. Para tanto, requisita-se ampla compreensão dos processos, causas e efeitos que o degradam e comprometem. Discursos diversos permeiam a necessidade de preservá-los e recuperá-los, entretanto nem sempre há embasamento científico o que prejudica a tomada correta de decisão por parte do poder público.

A noção geográfica de bacia hidrográfica permite análise que contemple a complexidade dos processos, causas e efeitos que envolvem a degradação de rios e seus recursos hídricos. O rio, visto como sistema de canais afluentes, o uso e ocupação das terras na bacia hidrográfica nas imediações do canal principal ou de seus afluentes causam influências no equilíbrio dinâmico das mesmas.

Das matas nativas ao desmatamento intenso provocado por queimadas, a transformação do uso e ocupação das terras que afetou a bacia do rio do Peixe estão associadas à dinâmica do canal fluvial e processos erosivos ocorridos em frágeis solos desnudos, alterando aspectos da geometria do canal como largura e profundidade e fluxo.

O projeto de pesquisa surge da proposta de se investigar e comparar dados levantados a partir de relatório de expedição realizada no início do século XX.

Em relatório da expedição há mapeamento geral de uma área até então desconhecida pela cartografia e perfis transversais de canal fluvial com medidas de vazão. Sob pano de fundo da pesquisa, a dinâmica ambiental no tempo histórico, tendo em vista as transformações no rio causadas pelo uso e ocupação das terras.

Em 1905 a então Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo (doravante CGG) incumbiu uma série de viagens exploratórias de cunho científico, visando reconhecer os vales de rios e entorno ainda pouco conhecidos pelo governo. Buscava-se levantar dados e informações para promover a expansão de ferrovias e estradas, expansão agrícola por meio do conhecimento do solo, do relevo e da disponibilidade de água e também incentivar a exploração hidrelétrica e mineral.

Ressaltamos que a ocupação na bacia hidrográfica decorreu-se após a expedição da CGG. Em meados da década de 1910 a chegada de pequenos sitiantes e após 1925 grandes fazendas de café, algodão e pastagem (MONBEIG, 1894).

De cada viagem, publicaram-se respectivos relatórios, constando textos dos engenheiros e botânicos, ilustrações, fotos, mapas e também carta do chefe da CGG ao então Secretário da Agricultura e Governador do Estado.

Os textos são compostos por descrições da paisagem, porém constam também dados sobre os povos indígenas remanescentes, formações vegetais, clima, solos, relevo, hidrografia, bem como o mapeamento de toda área visitada.

A ocupação no oeste paulista avançou principalmente desde leste, partindo do interior do estado junto a áreas cafeeiras cujo solo esgotara-se. Secundariamente houve frentes desde Mato Grosso para áreas próximas ao rio Paraná e também desde Minas Gerais. A expansão das ferrovias teve papel primordial em relação à ocupação.

É a partir de 1870 que o esgotamento das terras de cultivo cafeeiro no Vale do Paraíba e região de Campinas dão sinais claros de queda de produtividade agrícola. Povoados passam a se

desenvolver no oeste paulista, compreendendo os vales do médio e baixo Paranapanema, baixo Tietê, os vales até então pouco ou nada conhecidos, Peixe e Aguapeí, médio e baixo São José dos Dourados e baixo Mogi Guaçu.

Nesse contexto de expansão de frentes pioneiras agrícolas, se desenvolvem as expedições para levantamento de áreas até então pouco conhecidas. Os dados levantados de um rio, cuja bacia hidrográfica não ocupada pela franja pioneira, são o lócus de comparação com dados de campo obtidos por esta pesquisa, pouco mais de cem anos após a expedição do rio do Peixe. Com a chegada da Estrada de Ferro Sorocabana em 1920 no interflúvio entre as bacias hidrográficas do Paranapanema Peixe, decorre-se então a ocupação paulatina desse espaço.

1.2 Área de pesquisa

As nascentes do rio do Peixe formam-se no município de Garça a aproximadamente 700 metros acima do nível do mar, decrescendo gradualmente de leste a oeste, por onde seu curso se estende no sentido principal WNW até chegar no rio Paraná em altitude atual aproximada de 255¹ metros acima do nível do mar, entre os municípios de Panorama e Caiuá. O curso do rio serve como limite natural para 27 municípios, entre eles Marília e Presidente Prudente, municípios mais populosos e urbanizados (figura 1).

Ao norte tem-se a bacia hidrográfica do rio Aguapeí, cujas características físicas e antrópicas são próximas à bacia do rio do Peixe, ao sul sua divisa se dá com a bacia do rio Paranapanema no alto curso e com a bacia do rio Santo Anastácio a médio e baixo curso. Em termos de Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (UGRHI), a bacia do rio do Peixe – UGRHI 20 forma o comitê de bacia hidrográfica junto a bacia do rio Aguapeí - UGRHI 21, devido as suas características em comum. As bacias hidrográficas limitantes a sul, Santo Anastácio e Paranapanema, formam a Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos Pontal do Paranapanema, cujo comitê de bacia leva o mesmo nome. A oeste, em seu exutório a bacia hidrográfica do rio do Peixe limita-se com o rio Paraná e a leste, em suas nascentes com a serra do Mirante e dos Agudos.

¹ A partir de 2000 o reservatório da usina hidrelétrica Sergio Mota, também conhecida como Porto Primavera elevou a cota do exutório do rio do Peixe para 255.

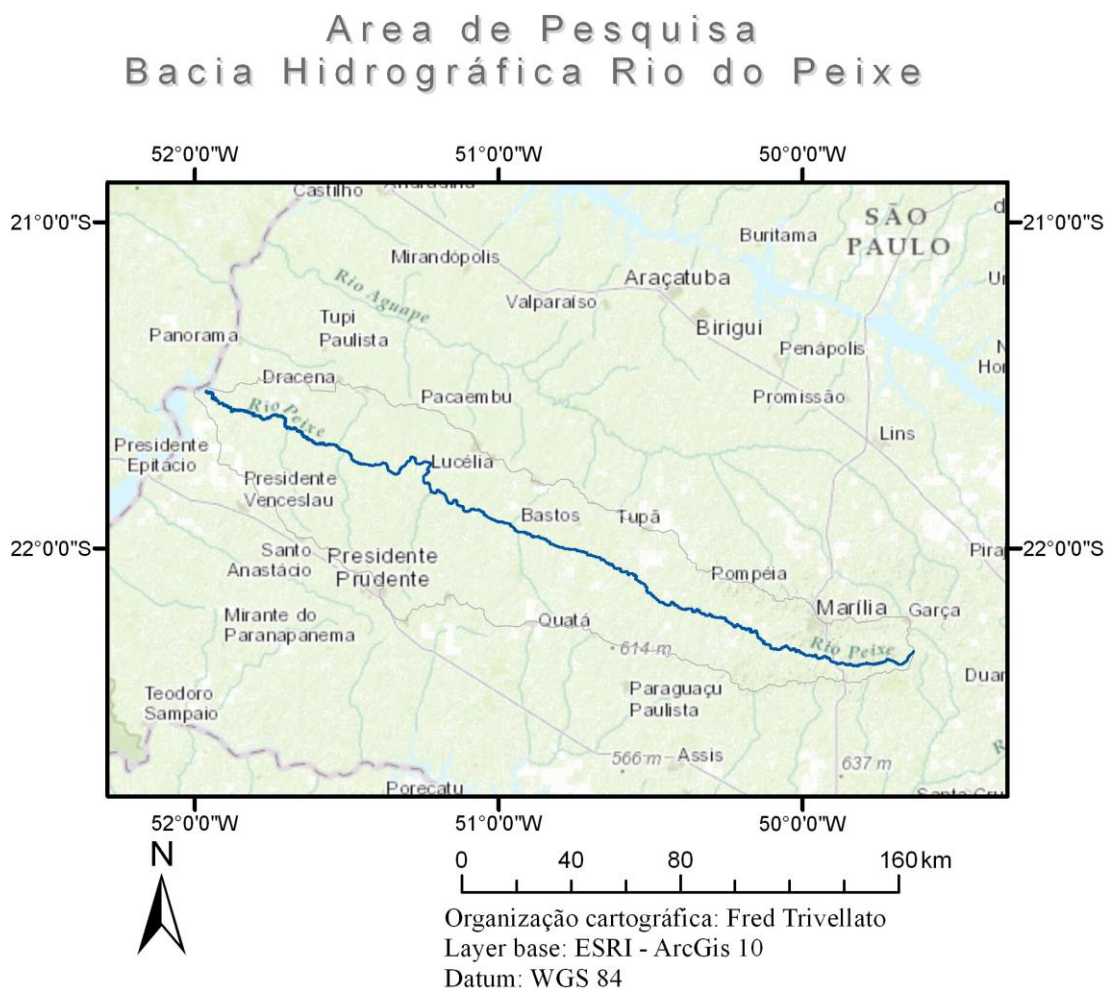


Figura 1: Mapa de localização da bacia do rio do Peixe e entorno.

A bacia do rio do Peixe situa-se no Planalto Ocidental Paulista, também conhecido como oeste paulista. Essa região marcam-se pelos grandes sistemas fluviais do estado, rios São José dos Dourados, baixo Tietê, Aguapeí, Peixe, Santo Anastácio, médio baixo Paranapanema e em limite fronteiro com o estado do Mato Grosso do Sul, o rio Parana. Além disso, destaca-se pela produção agrícola, com uso e ocupação das terras predominantemente agrícola e produção energética através de aproveitamento hidrelétrico de saltos e cachoeiras, tais como as represas para geração de energia de Barra Bonita, Promissão, Avanhandava e Três Irmãos no rio Tietê, represas de Ilha Solteira, Jupiá e Porto Primavera no rio Paraná e as represas de Capivara, Taquarussu e Rosana no rio Paranapanema. Além dessas há outras pequenas centrais hidrelétricas situadas nos rios e afluentes do Planalto Ocidental Paulista.

2. HIPÓTESE

Este trabalho tem como hipótese que o processo de ocupação predatório, baseado na derrubada generalizada da floresta e outras coberturas naturais, para ocupação urbana e uso agrícola inadequado em solos altamente suscetíveis a erosão, causaram, conseqüentemente, mudanças na geometria hidráulica do canal do Peixe e seus afluentes.

Ao longo de cem anos a bacia hidrográfica gera crescente volume de sedimentos devido, principalmente, ao desenvolvimento de processos erosivos. O material retirado pelas águas pluviais são carregados aos canais afluentes e, por conseguinte, ao rio do Peixe. Uma vez que a carga sedimentar seja maior que a capacidade de transporte do rio, ela irá se depositar ao longo do curso, gerando bancos de areia, conhecidos também como assoreamento. Esse fenômeno altera as características físicas e químicas das águas do rio, afetando seu geossistema e favorecendo a ocorrência de enchentes.

Como resultado, espera-se encontrar ajustes na geometria do canal em termos de largura, profundidade, raio hidráulico, fluxo, entre outros.

2.1 Justificativa

Relatórios elaborados pelo Comitê de Bacias Hidrográficas Aguapeí – Peixe (doravante CBH-AP) apontam a necessidade de estudos referentes aos processos erosivos em sua bacia hidrográfica.

A pesquisa avalia a situação do canal principal do rio do Peixe abordando transformações, tendo a expedição feita pela Comissão Geográfica e Geológica no início do século, primeiro estudo científico feito no rio e em seu entorno. Esse estudo contribui para a avaliação das transformações ocorridas pós-ocupação dos pioneiros em sítios familiares de produção para autoconsumo, fazendas de café e gado e da conseqüente urbanização, uma vez que a bibliografia aborda o período pós ocupação.

A figura 2.1 delimita a bacia do rio do Peixe de sua cabeceira até a foz com o Rio Paraná, bem como aponta áreas muito suscetíveis à erosão, que representam a quase totalidade da bacia hidrográfica.



Figura 2.1: Bacia do rio do Peixe e áreas susceptíveis a erosão. Retirado de São Paulo (1997).

Em revisão bibliográfica trabalhos pontuais, tais Rocha (2007, 2009, 2010), Etchebehere (2003, 2004, 2006) e Boin (2000) abordam fenômenos físicos concernentes ao rio do Peixe. O tema da presente pesquisa, transformações ocorridas ao longo de pouco mais de cem anos no rio do peixe, busca contribuir nesse bojo de trabalhos acadêmicos que buscam compreensão dos processos presentes e pretéritos atuantes no rio do Peixe. Artigos, relatórios e teses vêm sendo publicados na última década em relação aos aspectos hidráulicos, morfológicos e ecológicos, porém muito há que se investigar em relação aos efeitos causados pelo avanço da ocupação da frente pioneira.

Ademais, o presente trabalho contribui ao gerenciamento racional dos recursos hídricos da bacia do rio do Peixe. São 27 municípios cuja sede estão inclusas na Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (UGRHI) do rio do Peixe e mais 10 municípios com áreas inclusas na bacia hidrográfica do Peixe.

OBJETIVOS:

Comparar transformações ocorridas no canal do rio do Peixe com base em dados de cinco perfis transversais feitos pela Comissão Geográfica e Geológica em 1906, largura, velocidade de fluxo, profundidade, visando compreender as dinâmicas e transformações no canal transcorridos 106 anos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Analisar as variações do perfil longitudinal de 1906 e 2012.
- Comparar medições de profundidade, largura e velocidade de fluxo nos mesmos pontos realizados pela CGG.
- Analisar o comportamento das vazões encontradas em 1906 e em campo atual 2012.
- Caracterizar o meio físico e analisar suas influências na dinâmica fluvial.
- Identificar e interpretar o uso e ocupação das terras nos últimos 50 anos.

3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

3.1 A Comissão Geographica E Geologica Do Estado De São Paulo

A velha comissão Geográfica e Geológica teve a seu cargo o estudo da fisiografia, da fauna, da flora, da geologia e do clima do Estado, tornando-se a ‘celula mater’ dos atuais Serviço Florestal, Instituto de Botânica, Departamento de Zoologia, Museu Paulista e Instituto Astronômico e Geofísico² (LEFEVRE, 1950, p. 41).

A área da presente pesquisa que compreende os paralelos 21°20's a 22°30's e meridianos 49°36'W a 52°02'W foi uma das últimas fronteiras de expansão da atividade agropecuária do Estado de São Paulo. A expedição ao rio do Peixe foi realizada anteriormente, a priori do processo de instalação das ferrovias Alta Sorocabana (estação final Presidente Epitácio) e Alta Paulista (estação final Panorama) na região administrativa de Presidente Prudente.

O conhecimento do rio do Peixe estava então circumscripção às suas cabeceiras, pelas medições de terras particulares e pelas incursões dos sertanejos que iam às batidas ou dadas aos índios (CGG, 1913: p.2)³.

A proposta dessa comissão era obter conhecimento acerca das áreas ainda inexploradas do estado, visando futura ocupação através da abertura de ferrovias e atividades agrícolas.

Em 1886, a recém-criada CGG⁴, vinculada à Secretaria de Agricultura, Comércio e Obras Públicas, sob chefia do Naturalista Orville Derby, o qual atribui incumbência ao Engenheiro Theodoro Sampaio para expedição ao então promissor vale do rio Paranapanema, onde já havia pioneiros ocupando o alto e médio curso desenvolvendo a agricultura, pecuária e comércio. Sendo assim, levantou-se o crescimento dos municípios, de suas atividades econômicas e problemas enfrentados, além de aspectos da vegetação, qualidade do solo e navegabilidade do rio até a foz do Paranapanema com o rio Paraná. Também recolheram materiais e informações dos indígenas que habitavam a área e desenvolveram planilhas inferindo os gastos necessários para a adequação do rio para navegação de transporte.

² Esses órgãos de pesquisa do Estado de São Paulo sofrem reorganizações após 1950, havendo mudança de nomes e estrutura institucional.

³ Essa referência designa-se a: COMISSÃO GEOGRÁFICA E GEOLÓGICA. Exploração do Rio do Peixe. São Paulo, Typ. Brazil de Rothschild & Cia., 2ª Ed, 1913, 16p. mapas e fotos.

⁴ Para saber mais detalhadamente a respeito da Comissão Geográfica e Geológica ver: LEFEVRE, Valdemar. Breve notícia sobre a Comissão Geográfica e Geológica, ao transcurso de seu LXXX aniversário. **Revista do Instituto Geográfico e Geológico**, v. 18, n.1, pp. 3-31, jan/mar 1966.

O relatório da Expedição foi publicado em 1889 com o título “Exploração dos rios Itapetininga e Paranapanema”, contendo uma carta geral dos vales dos rios em escala 1:200.000 e vinte e três cartas do Paranapanema e duas do Itapetininga em escala 1:50.000.

Ainda, de 1886 a 1905 essa instituição publicou 23 cartas topográficas e geológicas em escala

1:100.000⁵, que segundo (FARRAN & CINTRA, 2003) tratou-se do primeiro mapeamento sistemático do Brasil, recobrindo ¼ do território paulista. A metodologia empregada para o mapeamento consistiu na determinação de pontos estratégicos para demarcação das coordenadas por geodésica e, posteriormente, estabelecimento de triangulação.

Em página oficial do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo⁶, destaca-se a importância da CGG no contexto estadual e nacional:

[...] a CGG, órgão criado ainda à época da Província de São Paulo, tornou-se referência na administração pública paulista como marco inicial da atividade científica oficial, lançando as raízes da atuação de mais de uma dezena de Institutos de Pesquisa atualmente existentes. A Comissão, inicialmente organizada em torno de cientistas estrangeiros, **tornou-se abrigo de vários destacados técnicos nacionais de renome em suas respectivas áreas, tais como Theodoro Fernandes Sampaio, João Pedro Cardoso, Valdemar Lefèvre, Luiz Frutuoso da Costa e Luiz Francisco Gonzaga de Campos.** As explorações dos principais rios da Província, o levantamento topográfico na escala 1:100.000, o registro fotográfico das viagens e trabalhos de campo, o registro dos dados meteorológicos e climatológicos, os inventários botânicos, entre outros legados da CGG, estão revestidos de caráter pioneiro e consolidados como patrimônio científico e cultural do povo paulista e brasileiro (grifo nosso).

Vale destacar que a CGG possuía o periódico Boletim da Comissão Geográfica e Geológica, cuja primeira edição data de 1889. Até 1904 foram publicados os Boletins de nº 1 a 15, abordando a geografia, geologia, botânica e meteorologia e 11 Boletins avulsos exclusivamente sobre dados climatológicos (LEFEVRE, 1966, p. 10).

Além dos boletins, no período de Orville Derby⁷ publicou-se 2 mapas de progresso dos

⁵ Folhas geológicas de São Roque, Rio Claro, Campinas, Jundiaí e Itu, 287 amostras de rochas, minerais e fósseis do Estado de São Paulo e mais de 200 fotografia das expedições ao sertão (MEZZALIRA, Sérgio. Medalhas conferidas ao Instituto Geográfico e Geológico e aos seus técnicos. Revista do Instituto Geográfico e Geológico, v.19, n. único, pp. 15-25, jan/dez 1967.

⁶ Disponível em <<http://www.igc.sp.gov.br/institucional/missao.html>> acesso 20 de outubro de 2012 – grifo nosso.

⁷ Em 1905 Orville Derby pede demissão devido às pressões que o mesmo recebia para tornar as atividades da

trabalhos de reconhecimento do estado, 14 folhas topográficas e 5 folhas geológicas (LEFEVRE, 1966, p. 10).

Em detrimento das Expedições ao Extremo Sertão realizadas em 1905 aos vales dos rios do Peixe, Aguapeí, Tietê e Paraná, no ano de 1906 são publicadas o recorde de 6 edições do Boletim, o qual delimita as isoietas do estado, suprimindo certas demandas pelo conhecimento do clima para o desenvolvimento da agricultura.

As expedições deram origem às Cartas Gerais do Estado de 1910 (figura 3.1) em escala 1:2.000.000, contendo informações sobre agricultura, comércio, indústria, colonização e divisas municipais, além das diversas cartas específicas de cada expedição, tais como *Planta Geral* dos vales percorridos – Peixe, Aguapeí, Tietê e Paraná em escala 1:1.000.000 ou 1:500.000, e detalhamento dos mesmos em diversas folhas em escala 1:50.000.

De acordo com pesquisa feita diretamente nos volumes⁸, até 1906 os textos abordam principalmente descrições meteorológicas do estado e secundariamente descrições da vegetação natural com detalhamento de certas espécies e breves apontamentos acerca da geologia do Estado e descrições sobre costumes e línguas dos povos indígenas remanescentes.

CGG mais pragmáticas no sentido do levantamento de informação para ocupação do sertão (interior do estado). Em seu lugar assume o engenheiro da Escola Politécnica João Pedro Cardoso, o qual imediatamente cria as Expedições ao Sertão Paulista, sob tutela do então Secretário da Agricultura Dr. Carlos Botelho e Governador do Estado Jorge Tibiriça.

⁸ BOLETIM DA COMISSÃO GEOGRÁFICA E GEOLÓGICA – periódicos, Biblioteca do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

Após a saída de Derby, no período de João Pedro Cardoso (1905 – 1930) publicou-se 10 mapas geográficos, 1 geológico, 11 diversos e 23 folhas topográficas, 11 relatórios contendo ilustrações e mapas, 7 Boletins, entre outros (LEFEVRE, 1966, pp. 10-11).

3.1.1 Expedições da Comissão Geográfica e Geológica

Os trabalhos de campo das *expedições ao sertão* foram realizados entre 1905 e 1906 e os relatórios publicados nos anos seguintes e distribuídos a diversos setores da sociedade, inclusive na Europa. Acompanham os relatórios, cartas do chefe da Comissão Geográfica e Geológica e chefe das expedições ao então Presidente da Província Jorge Tibiriçá, textos dos engenheiros e cientistas que realizaram os trabalhos em campo, os mapas dos rios e fotografias do andamento dos trabalhos.

Figueiroa (1987, pp. 146-147), problematiza a criação e transformações ocorridas na CGG no contexto histórico da ciência, da política e da economia no final do século XIX e início do século XX, engloba o papel das expedições ao Sertão no tocante a importantes transformações que vinham ocorrendo àquela instituição em meados de 1905 e destaca o decreto estadual nº 1278 de 26 de março desse mesmo ano, que dá as diretrizes aos trabalhos em campo.

O artigo 2 atribui diretamente às expedições ao Tietê e Paraná. Destacamos o parágrafo 1º nas alíneas *b*, *c*, *d* e *e*, onde há importantes descrições técnicas acerca do levantamento a ser feito nos rios:

- § 1º [...] b) Serão levantadas as duas margens do rio simultaneamente e as barras dos afluentes em ambas as margens, anotando-se também a posição de todas as ilhas e suas dimensões principais;
- c) Os levantamentos das duas margens serão ameadas vezes ligados entre si, a fim de obter-se a largura do rio;
- d) Deverão ser tomadas as secções transversaes do rio nos pontos mais convenientes, sendo também medida a correnteza das águas em geral;
- e) O comprimento das corredeiras será medido com a trena pela margem, e a sua altura determinada com o aneróide;

A figura 3.2, datada de 1906, digitalizada diretamente do original, é um recorte feito pelo autor para destacar algumas das ferramentas utilizadas, réguas, aneróide e estacas. Em pose para foto, grupo da expedição as margens do rio.

Ao conferir os Relatórios do rio Tietê e Paraná⁹, encontra-se detalhado mapeamento e diversas seções transversais com medidas de largura e profundidade, publicadas em formato gráfico (desenho em escala), porém não há detalhado registro de medida de fluxo e dados de vazão¹⁰. Tais valores são encontrados no Relatório do Peixe, cuja lei não indicava explicitamente as medidas de vazão e fluxo.



Figura 3.2: Fotografia do grupo da Expedição ao Peixe em suas margens. Retirado e modificado de Arquivo do Estado de São Paulo.

⁹ COMISSÃO GEOGRÁFICA E GEOLÓGICA. Exploração do rio Tietê: barra do rio Jacaré Guassú ao rio Paraná. São Paulo, 3ª ed., 1930, 18p. mapas e fotos. COMISSÃO GEOGRÁFICA E GEOLÓGICA. Exploração do rio Paraná: I. Barra do rio Tietê ao rio Parnahyba; II Barra do rio Tietê ao rio Paranapanema. São Paulo, 2ª ed., 1911, 24p. mapas e fotos.

¹⁰ Os 24 desenhos dos perfis transversais da expedição do rio Tietê apontam somente largura e profundidade, diferentemente da expedição do rio do Peixe que aponta também fluxo e vazão. Na p. 3 do relatório do Tietê há menção em relação à descarga do rio, o que significa que foram feitas medidas relativas à descarga (fluxo e vazão), porém não publicadas no relatório (CGG, 1930, p.3).

O artigo 3 § 1º alíneas *c a g* do decreto nº 1278 menciona a expedição ao Peixe nos seguintes aspectos:

- c) O caminho deverá, em regra, acompanhar o curso do rio que for artéria principal, podendo, entretanto, delle afastar-se o respectivo traçado, nos trechos em que se tornar impraticável o terreno marginal, ou onde convier, para melhor acompanhar a topographia da zona;
- d) A medida que for sendo aberto o caminho, ir-se-á procedendo o levantamento e nivelamento por meio de tacheometros, effectuando-se, assim, as duas operações simultaneamente;
- e) Serão levantadas todas as barras de ribeirões e córregos affluentes, fazendo-se um esboço cuidadoso do terreno próximo, com anotações sobre a vegetação, etc.;
- f) De distância em distância, serão tomados os perfis transversais do leito do rio, medindo-se a sua capacidade, assim como a dos seus principais afluentes, ampliando-se também a topografia, se for possível, por excursões laterais, quer pelo curso dos afluentes, quer perpendiculares à direção geral, sempre, porém, que possam ter lugar sem prejuízo do escopo principal, que será penetrar o mais possível o sertão;
- g) o caminho deverá ter 3 metros de largura [...] (Decreto nº 1278 de 23 de março de 1905 apud FIGUEIRÔA1987, p. 147).

A figura 3.3, retirada da mesma fonte da foto anterior, foi recortada para destacar levantamento topográfico feito durante a expedição. A grande clareira aberta provavelmente deve-se ao fogo atado pelos mateiros, provavelmente em áreas próximas aos sítios dos pioneiros. Embora em sua legenda, consultada diretamente ao original, não conste o local, pressupõe-se ser em caminho da frente pioneira a áreas da bacia do Peixe que ainda não estavam desmatadas. Ao longo dos trabalhos, foram feitas trilhas transversais à bacia do Peixe visando o reconhecimento do terreno (ver figura 3.3).



Figura 3.3: Fotografia de medições feitas em picada aberta pela expedição do rio do Peixe em 1906. Retirado e modificado de Arquivo do Estado de São Paulo.

A figura 3.4, diferentemente da anterior em que havia grande clareira e sinais de queimadas, evidencia trilha, picada como é mencionada nos textos de 1906, aberta em meio a mata densa virgem.



Figura 3.4: Fotografia de trilha aberta pela expedição em 1906. Fonte: Arquivo do Estado de São Paulo.

Além da questão da ocupação das terras inabitadas e exploração dos potenciais recursos naturais, as expedições da Comissão refletem o crescimento da economia cafeeira, cujo manejo equivocado exauria rapidamente as terras e gerava necessidade por novas terras férteis para derrubada da mata e plantio.

Havia certa preocupação estratégica, pois os engenheiros da comissão detalhavam os saltos dos rios visando aproveitamento do potencial hídrico para futura geração de energia. Tinham a idéia de utilizar os rios principais como vias de transporte por navegação, por isso descreviam com cuidado o leito dos rios, as características de fundo, se de areia, cascalho ou fundo rochoso, sua profundidade, velocidade de fluxo e sinuosidade.

O levantamento topográfico contribuía para a identificação de locais ideais para plantio de café, como áreas elevadas e topos de vertentes, e também colaborava para distinção de terras do governo e terras privadas, facilitando novas demarcações, àqueles pioneiros da agricultura de café e gado e comerciantes de áreas urbanas que habitavam as proximidades das cabeceiras dos rios Aguapeí e Peixe em áreas dispersas uma da outra.

3.1.2 Características do Relatório rio do Peixe

Na exploração ao Peixe registrou-se dados meteorológicos e fluviométricos em pontos do alto ao baixo curso, até a barra do Peixe com o rio Paraná. Foram feitos seis perfis transversais do rio, medindo profundidade, largura, velocidade de fluxo, vazão e um mapeamento completo do curso do rio.

A expedição compreendeu-se em duas etapas. A primeira, segundo consta em texto de João Pedro Cardoso em CGG (1913), partiu de São Paulo a 21 de maio de 1905 com destino a Campos Novos. A 19 de junho de 1905 iniciaram o levantamento da planta da vila e a 26 de junho deram início à estaca zero da picada na margem esquerda do córrego Barroca, cujo caminho final era a Fazenda do Mirante. “Situada nas cabeceiras do córrego Arrependido, a expedição, sob chefia do engenheiro Generaldo Machado, logrou picada (**trilha na mata**) margeando esse rio, por então terras desconhecidas até chegar à margem do Peixe” (CGG, 1913, pp. IV-V – destaque nosso).

No dia 28 de agosto de 1905 chega a primeira empreitada ao rio do Peixe, onde foi realizada seção transversal, porém não publicada nas cartas do relatório da Expedição Rio do Peixe. Essa seção localizada na confluência do rio do Peixe com o córrego Arrependido anotou-se largura de 9 metros, 0,85 de profundidade média e 0,316 e velocidade média de fluxo.

A primeira campanha da expedição teve fim somente em 9 de novembro de 1905, quando a turma chega, através de picadas que beiravam o Peixe, ao Ribeirão Panela e recebe ordens para regressarem à cidade de São Paulo.

Até as proximidades do Panella o rio corre sobre um leito arenoso fazendo curvas rápidas e sob uma cupola formada pelo arvoredor exuberante das margens, a qual pouco deixa os brilhantes raios do sol iluminarem a superfície calma e prateada das águas.

Ao chegar ao Panella encontra-se a primeira depressão formada por uma pequena cachoeira e uma corredeira (CGG, 1913, p.V).

A figura 3.5, imagem *Google Earth*, espacializa os locais por onde passou a expedição do rio do Peixe. Partindo de Campos Novos Paulista rumo norte, passando pelo atual município de Ocaçu até chegar na Fazenda do Mirante, borda das escarpas da Serra do Mirante. Em seguida alcançaram as margens do córrego do Arrependido e margearam-no até seu encontro com o rio do Peixe. A primeira etapa da expedição termina quando a comitiva chega na confluência com o ribeirão Panela, cujo caminho foi feito pelas margens do rio.

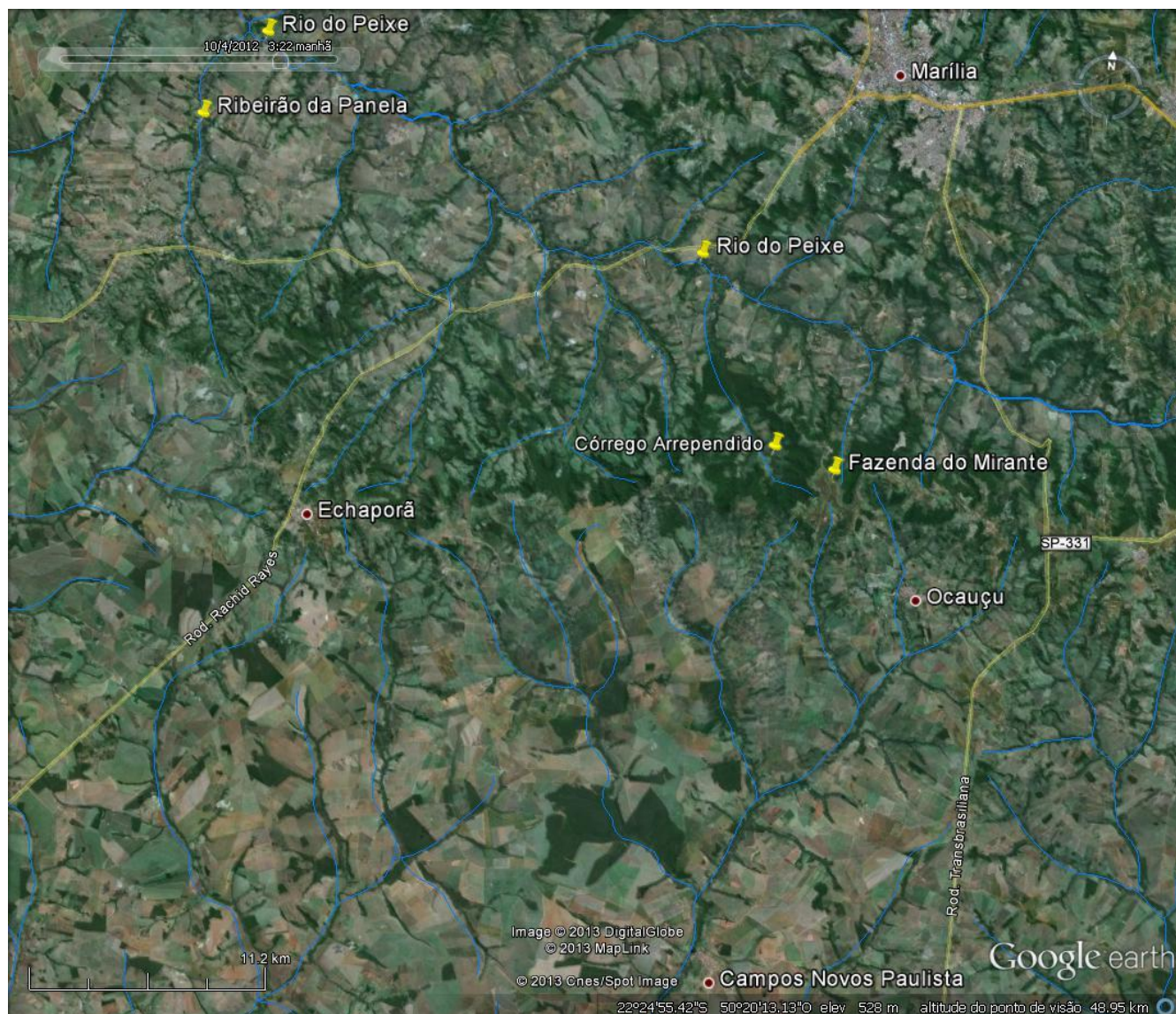


Figura 3.5: Imagem de localização dos córregos Arrependido, Panela, Fazenda do Mirante e Campos Novos Paulista. Data da imagem 15/12/2011.

A segunda etapa da Expedição ao Peixe teve início em junho de 1906 com a partida do chefe Gentil de Moura, dos engenheiros Guilherme Wendel e Mario Ayrosa e do médico Octaviano Ferreira da Costa, saindo de São Paulo a Campos Novos.

Os engenheiros ficaram responsáveis pelo detalhamento por taqueômetro das coordenadas geográficas da região. Gentil de Moura prossegue até a fazenda Três Barras, situada a doze quilômetros da vila de Conceição de Monte Alegre. Gentil de Moura (CGG, 1913, p.1) afirma que dessa fazenda teriam que abrir picada até o Peixe, em ponto que ele dava navegação.

Em figura 3.6, trecho percorrido pela expedição em 1906, partindo a norte de Conceição de Monte Alegre, atual Paraguaçu Paulista, até as margens do Córrego Belas Vista, seguindo seu curso até a confluência com o rio do Peixe. Então foi feito acampamento intitulado Margem do rio do Peixe, onde se construiu embarcações para descer o rio por navegação, porém, antes disso, foi feita picada subindo o Peixe, passando pelos córregos Bela Vista e Hospital com parada no acampamento Rio Acima até encontrar a confluência com o Ribeirão Panela, onde havia sido interrompida a expedição em ano anterior.

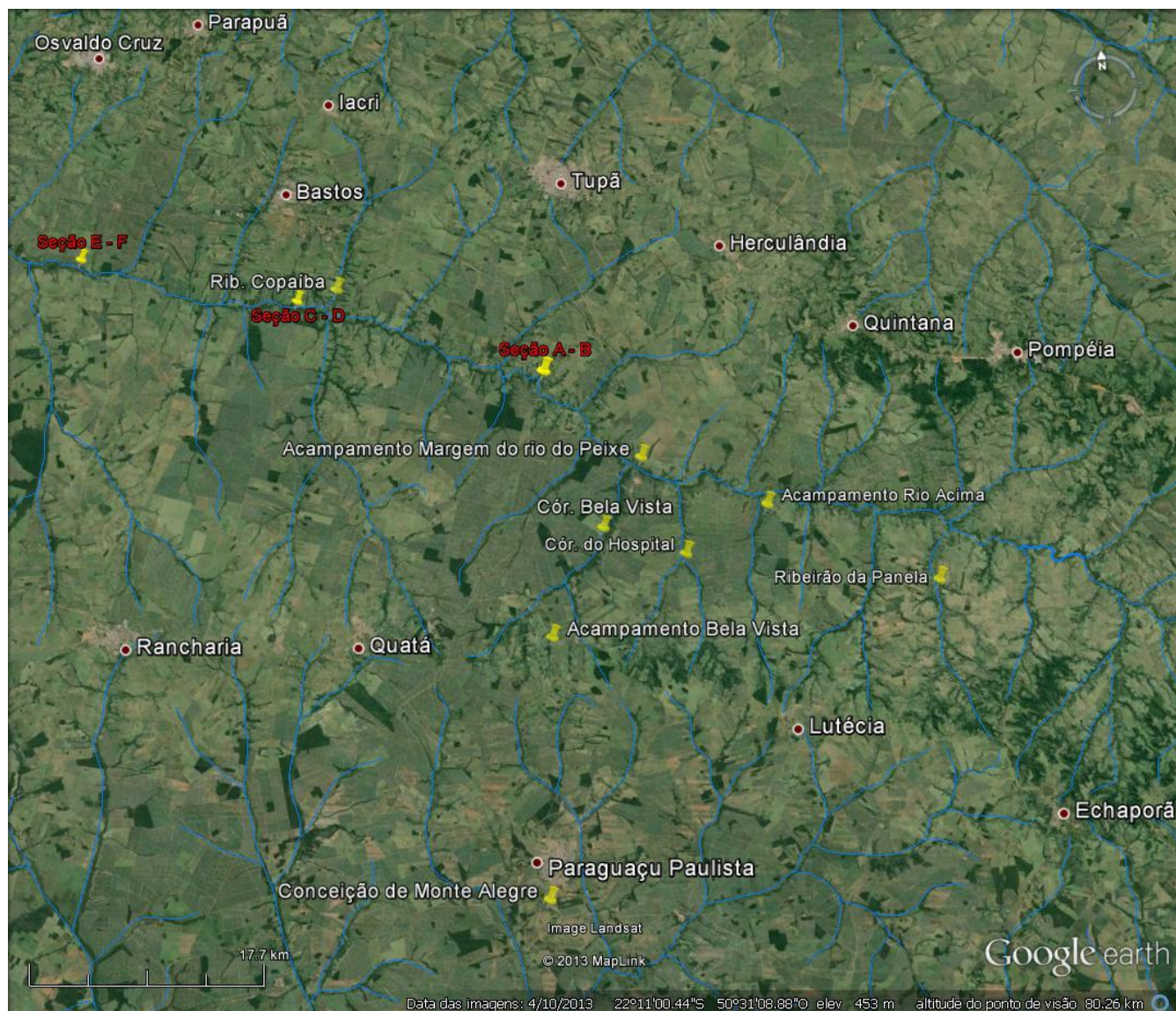


Figura 3.6: Imagem de localização dos acampamentos, córregos e seções percorridas em 1906. Data da imagem Google 10/04/2013.

Na segunda campanha ao Peixe foi tomada decisão de se reconhecer todo curso do rio por meio de navegação. Tal decisão deve-se a Gentil de Moura, chefe da Expedição ao rio Aguapeí em 1905, que reconhecendo a dificuldade de se prosseguir picada somente pelas barrancas que beiram o rio, pede permissão ao chefe da Comissão João Pedro Cardoso para se descer o rio por navegação. Sendo assim, criou-se acampamento chamado Margem do rio do Peixe, a montante do córrego Bela Vista, atual divisa entre os municípios de Quintana e Borá, para construção de 16 embarcações de pau cedro com fundo chato, cujo tamanho variava entre 6 e 8 metros de comprimento, por 1,20 a 0,80 de largura e por 0,45 de altura (CGG, 1913: p.2).

Reconhecendo que o rio oferecia regulares condições de navegabilidade, conforme tive ocasião de observar em excursões que fiz rio abaixo, em uma das barcas, resolvi dar auctorisação ao chefe da turma para iniciar os trabalhos de levantamento até sua foz no Paraná.

Imediatamente deu-se começo ao embarque do material necessário, no dia 9 de Setembro, ficando a expedição prompta para partir no dia seguinte. (CGG, 1913, p.V).

Até o quarto dia de descida viajávamos em um rio regularmente navegavel, apesar da sua pouca profundidade, em consequencia da grande estiada por que passava, mas que logo se avolumou pela grande quantidade de afluentes que entravam para o rio por ambas as margens.

Até essa data nenhum accidente modificou o seu declive levemente correntoso. Do dia 15 até o dia 18, porem, nossa viagem foi constantemente interrompida, não só por tres saltos que encontrámos, obrigando todos a varação e cujo caminho tivemos de abrir por terra, como tambem por uma grande porção de corredeiras e cachoeiras cuja passagem ora faziam-os a meia carga, ora descarregando nossa bagagem. Esse trecho, felizmente, termina na confluencia do ribeirão dos Guachos, seguindo dahi em diante com caracter francamente navegavel.

No dia 4 de outubro chegámos á barra do Tigre, tendo nossa viagem demorado mais de tres dias por causa da chuva que nos impediu de viajar [...] (CGG, 1913, p.2).

A descida por navegação partiu a 10 de setembro de 1906 e a 04 de outubro do mesmo ano atingiu a barra¹¹ do Tigre, como assim era conhecido todo baixo curso e também a foz com o Paraná. Sendo assim foram 24 dias de levantamento, descrições e medições¹².

¹¹ Barra é o termo utilizado em 1906 para exutório, como, atualmente é conhecido na literatura geomorfológica.

¹² Cabe salientar errata nos mapas do Relatório do Peixe, pois em figura do perfil transversal G-H consta a data 20-07-06, quando o correto seria 20-09-06. Essa inferência se dá pelas datas expostas no texto do relatório, por exemplo, em trecho que aponta a chegada da turma à beira do Peixe em 26-07-06 (CGG, 1913, pp. 1- 2). Outro

Cardoso (CGG, 1913, p.V) relata que a navegação transcorreu tranquila por quatro dias. A paisagem do rio constituía-se por “estirões grandes, leitos de areia entre paredões altos de grés e as margens ostentavam uma vegetação bella de exuberantes mattas cobertas de padrões de boas terras”.

Nota-se que a descrição da vegetação era tida como índice de fertilidade das terras, pois se acreditava que o porte da floresta era diretamente proporcional à qualidade das terras¹³.

Em figura 3.7, clareira aberta e ao fundo floresta virgem às margens do rio do Peixe, o grande número de integrantes na expedição, sob chefia de Gentil de Moura, devido a ataques de indígenas sofridos em 1905.



Figura 3.7: Fotografia dos integrantes da segunda expedição ao Peixe em 1906, acampamento Margem do Peixe. Fonte: Arquivo Público do Estado de São Paulo.

indício se nota nos mapas, onde as figuras dos perfis transversais indicam as seguintes datas: perfil A-B 10-09-06, perfil C-D 12-09-06, perfil E-F 16-09-06, perfil I-J 27-09-06. Os perfis K-L e NA BARRA foram realizados pela expedição que percorreu o rio Paraná entre agosto a outubro de 1905.

¹³ Sabe-se que o porte de uma floresta não necessariamente esteja vinculada à fertilidade do solo, pois a maior parte das florestas brasileiras se desenvolvem a partir da rica camada de matéria orgânica que se deposita na superfície.

Outro trecho do relatório, em texto de Gentil de Moura (CGG, 1913: p.6) expressa visão semelhante acerca da relação vegetação-solos, ao apontar que mata frondosa entra pelo vale do Peixe, contendo grande variedade de espécies e abundância de “toda a sorte dos chamados padrões de terra boa”.

Na maior parte do trecho que liga as cabeceiras até o acampamento Margem do Rio do Peixe, Moura (CGG, 1913, p.4) aponta que o canal é obstruído por árvores e galhos caídos, o que dificultara para navegação, mesmo para embarcações de pequena dimensão.

Tal dificuldade que levava a expedição a iniciar navegação a partir da coordenada 22° 9'16"S 50°28'54"W (acampamento Margem do rio do Peixe). A jusante passava a ter maior largura, de modo que as embarcações de fundo chato podiam desenvolver franca navegação (CGG, 1913, p.4).

Apontam também que em cheias o rio pode subir até dois metros do leito de então, tendo como referência registros de folhas e galhadas presas na mata ciliar das margens.

De acordo com texto de Gentil de Moura (CGG, 1913, p.4), o curso do rio se apresenta levemente correntoso durante um percurso de aproximadamente 160 quilômetros, a partir de sua cabeceira, havendo nesse trecho um salto de cinquenta centímetros de altura a montante do ribeirão Panela. Após esse trecho descrito acima, o rio atravessa 20 quilômetros de curso acidentado passando três 3 saltos, Biguá, Quatiara e Guachos (figuras 3.8, 3.9, 3.10 e 3.11¹⁴).



Figura 3.8: Fotografia Salto Biguá.

¹⁴ Fonte: Arquivo Público do Estado de São Paulo.



Figura 3.9: Fotografia do Salto Quatiara – queda margem esquerda. Fonte: Arquivo Público do Estado de São Paulo.



Figura 3.10: Fotografia do Salto Quatiara – margem direita. Fonte: Arquivo Público do Estado de São Paulo.



Figura 3.11: Fotografia do Salto Guachos. Arquivo Público do Estado de São Paulo.

Vale lembrar que salto é o termo utilizado para o que na literatura geomorfológica tradicional chama-se de ruptura de declive fluvial. Destaca-se que essas três rupturas não são presentes no canal atual do Peixe, assunto a ser tratado mais a frente.

No Salto Quatiara, divisa entre os municípios de Martinópolis e Rancharia, há desde 1940 em funcionamento uma PCH (Pequena Central Hidrelétrica) a fio d'água e, por isso, não é possível detectar tal ruptura natural na paisagem.

As Figuras 3.12 e 3.13 dão o contexto da paisagem antes e depois da construção da barragem da PCH Quatiara. Nota-se as duas quedas do salto Quatiara, as quais margem esquerda e direita, conforme já mencionado anteriormente.

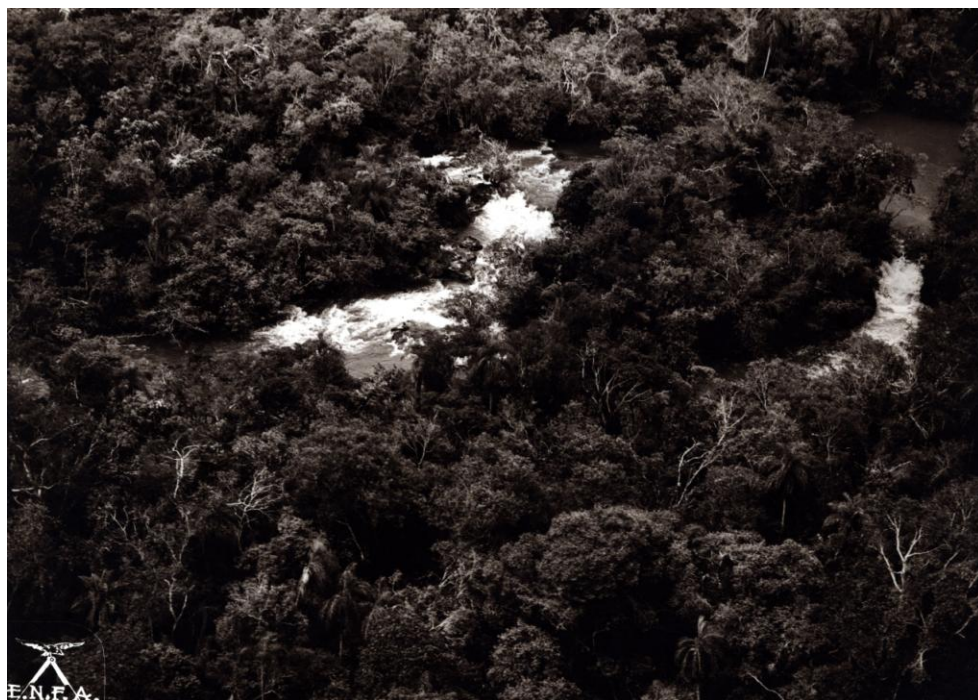


Figura 3.12: Fotografia do Salto Quatiara em 1938.



Figura 3.13. Fotografia do Salto Quatiara em 1940.

3.2 Embasamento Teórico

Essa seção busca abordar conceitos fundamentais concernentes ao universo da pesquisa. Sendo assim, inicia-se breve revisão de conceitos tratados em bibliografia de geomorfologia fluvial.

Christofolletti (1993) afirma:

[...] distinguir, com clareza os impactos ou efeitos da ação humana nas condições do meio ambiente natural (ecossistemas e geossistemas) e os impactos ou efeitos provocados pelas mudanças do meio ambiente nas circunstâncias que envolvem a vida dos seres humanos. O uso do termo impacto ambiental deveria ser aplicado e utilizado, de modo mais adequado para essa segunda categoria de fenômenos.

Considerando-se a bacia hidrográfica¹⁵ um sistema aberto e, portanto, sendo as transformações nos canais fluviais resultantes das diferentes entradas e saídas de matéria e energia, a metodologia proposta para realização deste trabalho baseia-se na teoria sistêmica.

Segundo Christofolletti (1980), a bacia hidrográfica:

[...] é composta por um conjunto de canais de escoamento inter-relacionados que formam a bacia de drenagem, definida como a área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial. A quantidade de água que atinge os cursos fluviais está na dependência do tamanho da área ocupada pela bacia, da precipitação total e de seu regime, e das perdas devidas à evapotranspiração e à infiltração.

O cuidado em se estudar o meio físico como um meio integrado e dinâmico na análise sistêmica é expresso por Christofolletti (1986) quando afirma: “A geografia física não deve estudar os componentes da natureza por si mesmos, mas investigar as unidades resultantes da integração e as conexões existentes nesse conjunto”.

Com a fixação da abordagem sistêmica na geografia, Sotchava (1977) introduziu o conceito geossistêmico na literatura soviética, com a preocupação de estabelecer uma tipologia aplicável aos fenômenos geográficos em substituição ao termo Ecossistema, adotado pelos biólogos. Nesta visão, os Geossistemas foram definidos como classe de sistemas dinâmicos, flexíveis, abertos e hierarquicamente organizados, com estágio de evolução temporal, numa mobilidade cada vez maior sob a influência do homem.

¹⁵ Também chamada de bacia de drenagem, Christofolletti (1980, p.102) a define como “a área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial”.

Bertrand (1971) define Geossistema como resultado da combinação dinâmica de elementos físicos, biológicos e antrópicos, constituintes da paisagem, um conjunto único e indissociável, em perpétua transformação.

Desta forma, o Geossistema estuda os subconjuntos da geografia ligada aos sistemas ambientais físicos, tais como: clima, solo, relevo, vegetação, geologia, que se caracterizam por certa homogeneidade. Porém há necessidade de considerar o sistema socioeconômico e biológico, visto que através de excessivas interferências os chamados *inputs* modificam e alteram o equilíbrio natural desta paisagem física de seus componentes que, integrados, formam o ambiente físico onde há exploração biológica e humana.

Gregory (1992) apud Zancopé (2008) aponta os primeiros estudos a tratar tal tema, como Tansley que em 1935 desenvolve o conceito de ecossistema. Bertalanffy (1933) elucida a Teoria Geral dos Sistemas propondo o inter-relacionamento entre os sistemas físicos e sócio-econômicos. Já no campo da geografia somente a partir da década de 1950, autores como Strahler (1950 - 1952) passaram a realizar estudos quantitativos de redes de drenagem. Hack (1957, 1960) toma a teoria dos sistemas para desenvolver a teoria do equilíbrio dinâmico nos sistemas naturais e Chorley (1962) com a teoria dos sistemas gerais em estudos na área de geomorfologia. Segundo Zancopé (2008), o processo de desenvolvimento da teoria sistêmica alcança o auge na Geografia com o trabalho de Chorley e Kennedy (1971) *Physical Geography* e retomam a discussão proposta por Bertalanffy entre as inter-relações entre sistemas físicos e sócio-econômicos.

Para Christofletti (1979), quando um evento influi na entrada de matéria e energia (input), de forma a ultrapassar o limiar compatível com a organização de um sistema, alterando-lhe profundamente, verifica-se a tendência deste mesmo sistema em reajustar-se à nova situação que se lhe impõe. Neste reajustamento, o sistema pode voltar a um estado semelhante ao precedente, ou atingir um estado estacionário, em novo posicionamento, podendo contrair outra dinâmica. O tempo de readaptação varia conforme a existência de elementos de maior resistência à mudança no seu interior. Para o autor, essa readaptação ocorre pela ação de relações retro-alimentadoras inerentes ao próprio sistema, resultando que este todo atinja o equilíbrio após passar por estados transitórios. Esses processos podem ser reversíveis ou irreversíveis.

A abordagem sistêmica na Geografia se preocupa com a organização espacial resultante das relações e interações dos ou entre os sistemas ambientais físicos e sistemas socioeconômicos.

Para a análise da estrutura dos sistemas, no universo da presente pesquisa, a bacia hidrográfica do rio do Peixe é tomada como unidade de sistema aberto. Toma-se os elementos que constituem este sistema, tais como comprimento, vazão, largura e os sistemas que interagem com o sistema rio, seja com a entrada de matéria e energia (input) ou com a saída (output).

A despeito dos elementos citados acima, cabe ainda algumas considerações acerca da aproximação dos geógrafos físicos com os estudos hidrológicos.

Segundo Gregory (1992), estudos hidrológicos em Geomorfologia Fluvial, no contexto da Geografia Física, se desenvolvem em meados da década de 1940 a partir da necessidade de valorização do processo para a compreensão da dinâmica atual do ambiente (p.139). Tal desenvolvimento se dá como resposta às críticas a cerca da abordagem histórica das formas com base na teoria do ciclo geográfico de Davis (GREGORY, 1992).

Gregory (Op. cit.) destaca contribuições fundamentais para o desenvolvimento do estudo dos processos geomorfológicos: Grove Karl Gilbert em *The Transportation fo Debris by Running Water, de 1914*; R. A Bagnold, fez experiência com tanques de ondas, dentre diversas contribuições, destaca-se revisão geral sobre fluxo de fluídos; na Escandinávia, F Hjulstrom em 1935 estabelece relações entre velocidade de rio e tamanho de particulas em processos erosivos, transporte e deposição, e mais tarde, em meados dos anos 60, com Karkevagge realizando pesquisas acerca do movimento de massa sobre as vertentes, destacando ser a água corrente o agente mais efetivo de transporte, através da solução de materiais; A. N. Strahler e Stanley A. Shumm, entre outros, na Universidade de Colúmbia, realizando medições em processos em canais fluviais e vertentes; Wolman e Miller em 1960 e Leopold, Wolman e Miller em 1964, para Gregory (Op. cit.) o trabalho de tais autores se destaca pela comprovação de que “a maior quantidade de sedimentos transportados pelos rios é carregada por fluxos que ocorrem, em média, uma ou duas vezes por ano” (p.154) e por dar início a uma “nova era de investigações sobre os processos” (p.154), por ser os primeiros a abordar processos contemporâneos e os princípios físicos subjacentes em canais fluviais, sistemas de drenagem, vertentes, chegando até a fazer referencia a influência climática.

Ainda segundo Gregory (Op. cit.) nos anos 70 os trabalhos em geomorfologia fluvial foram predominantes na produção acadêmica geomorfológica. Posto isso, passamos então a abordar questões referentes ao canal fluvial.

Segundo Christofolletti (1980):

O escoamento fluvial refere-se, pois à quantidade total de água que alcança o canal. Da precipitação média anual de 1000mm, sobre a superfície terrestre, calcula-se que somente 20% atingem o mar através do fluxo pelos rios. Outra noção importante é que o volume de água escoada em determinado canal varia no decorrer do tempo em função de inúmeros fatores, tais como regime de precipitação, condições de infiltração, drenagem subterrânea e outros. Essa variação do nível das águas fluviais no decorrer do ano corresponde ao regime fluvial, e o volume de água, medido em metros cúbicos por segundo, é o débito, vazão ou módulo fluvial (p. 66).

A morfologia de um rio designa-se à sua forma. Os principais fatores que compõem a morfologia são o perfil longitudinal, a hidrologia e geometria hidráulica. No que tange à geometria hidráulica, destacamos a inter-relação entre vazão, velocidade das águas, forma do canal, carga de sedimentos e declividade.

3.2.1 Perfil Longitudinal

O perfil longitudinal de um rio expressa relação entre comprimento e altimetria e que a forma do perfil, se côncava ou convexa, reflete ao ajuste do rio a fatores como carga sedimentar e regime de chuvas (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Christofolletti (1981), citando Leopold, Wolman e Miller (1964) afirma que o perfil longitudinal é controlado pelas seguintes variáveis: débito¹⁶, carga detrítica fornecida ao canal, tamanho dos detritos, resistência ao fluxo, velocidade, largura, profundidade e declividade.

A geometria do canal corresponde à forma média associada ao geossistema (litologia, solo, relevo, clima e cobertura vegetal natural) e sistema antrópico. O rio tende ao equilíbrio, ajustando sua geometria hidráulica aos fatores físico-ambientais.

Christofolletti (1981) ressalta que as variáveis são interdependentes, sendo importante analisar as mudanças e relações no perfil transversal e com outros perfis ao longo do rio.

A forma do canal é resposta que reflete ajustamento à vazão fluindo através de determinada seção transversal. Considerando que o canal em rios aluviais é resultante da ação exercida pelo fluxo sobre os materiais rochosos componentes do leito e das margens, pode-se afirmar que as suas dimensões serão controladas pelo equilíbrio entre as forças erosivas de entalhamento e os processos agradacionais depositando material no

¹⁶ Em diversos trechos do texto, utiliza-se a expressão débito. Isso ocorre em função de citações oriundas das obras de Christofolletti que utilizava tal termo no lugar de vazão. Vale ressaltar que se considera o termo vazão mais apropriado ao tema da presente pesquisa.

leito e em suas margens. Para ser efetivamente atuante, o débito deve ter a força necessária para realizar o entalhamento, frequência e duração suficientes para manter a forma do canal. Como a magnitude da vazão vai se modificando em direção de jusante, torna-se conveniente analisar as alterações da geometria hidráulica em determinado local e no sentido do perfil longitudinal do rio. Em primeiro lugar, todavia, convém verificar os aspectos relacionados com a distribuição e frequência dos fluxos (CHRISTOFOLETTI, Op. cit., p.53).

Levando-se em conta que a forma e o padrão dos canais estão em equilíbrio aos sedimentos fornecidos pela área de drenagem e material rochoso das margens, do ponto de vista geomorfológico, a morfologia do canal ao longo do perfil longitudinal decorre do débito de margens plenas. São eventos frequentes de cheia que ocorrem a cada 1,58 anos, porém, tais níveis levados em conta não atingem a planície de inundação.

Isso porque o fluxo¹⁷ que percorre o canal tem tanto maior ação morfogenética, em termos de capacidade de movimentar material, capacidade de corrasão sobre as margens e fundo do leito, quanto mais próximo estiver do dique marginal.

Christofoletti (1981, p. 59 e 64) define o débito de margens plenas como:

[...] aquele que preenche, na medida justa, o canal fluvial, e acima do qual ocorrerá transbordamento para a planície de inundação. [...] Quando há transbordamento para a planície de inundação, os fluxos espraiam-se e não seguem o padrão sinuoso do canal, e a efetividade erosiva sobre as margens torna-se menor.

Embora as grandes enchentes possuam capacidade de causar escorregamentos de massa e o fluxo de lama derrubar a vegetação, causando manchas na paisagem que podem perdurar por anos, tais eventos são infrequentes, dando tempo para o relevo e o perfil do rio se ajustarem a vazão inferiores que ocorrem com maior frequência.

Para o entendimento da dinâmica dos fluxos na morfogênese do canal, Christofoletti (1981, p.54) aponta a distribuição dos fluxos diários, frequência das cheias e a delimitação das margens plenas.

Os fluxos de baixa magnitude, mais comuns nos períodos de seca para o clima tropical do Estado de São Paulo, são ineficazes na morfogênese, carregando as mais baixas taxas de detritos. Sendo assim há relação direta entre vazão, velocidade e carga transportada. Estudos

¹⁷ O fluxo de um canal ou escoamento fluvial é diretamente proporcional à quantidade de água que chega ao mesmo por meio de escoamento superficial, cujo principal componente é a água pluvial oriunda das chuvas, e escoamento subsuperficial dos lençóis freáticos, ou seja, da água pluvial que infiltrou o solo. Parte da água da precipitação não chega ao escoamento fluvial devido a perdas para a atmosfera pela evapotranspiração.

pretéritos, mencionados por Christofolletti (1981), apontam que grande parte dos materiais carreados em um ano pelo rio são transportados naqueles dias em que ocorrem as maiores vazões em relação às margens plenas.

Modelos apontam que o equilíbrio do perfil longitudinal será o mais próximo possível de uma curva côncava para o céu no alto e médio curso, tornando-se mais suave, tendendo ao retilíneo conforme se aproxima de sua foz.

Trabalhos pretéritos citados por Christofolletti (1981) demonstram relações fundamentais de variáveis do rio em relação ao perfil longitudinal: os rios modificam seus leitos em busca do equilíbrio entre força e resistência, ou seja, entre material erodido e depositado; a declividade varia em função direta da vazão; a declividade varia em detrimento da resistência do leito, grãos maiores, portanto mais resistentes ao transporte, aumentam a declividade; os leitos móveis tendem a ser modificados pelo fluxo de modo a ganhar forma côncava em seu perfil longitudinal.

O equilíbrio do perfil longitudinal se estabelece entre a ação da corrente e a resistência dos materiais do fundo. Sendo assim a calha exerce importante condicionante na erosividade do rio.

As variáveis que influenciam o equilíbrio do perfil longitudinal são: vazão, resistência do fundo, dimensões do leito no que tange ao perímetro úmido, forma do leito em relação à presença de soleiras e depressões que possam conter a aceleração das águas da superfície (Christofolletti, 1981). Em todas variáveis supracitadas haverá aumento ou diminuição na declividade como ajuste do perfil longitudinal.

Um rio com assoreamento demonstra que a carga detrítica que chega da bacia de drenagem é superior à capacidade de transporte. Então os materiais são depositados, formando grandes bancos de areia, como busca do ajuste entre forma e processo.

Entretanto forma e processo nem sempre estão de acordo, pois o tempo de reação da forma é diferente da velocidade de transformação dos processos. Atualmente isso ocorre principalmente devido à ação antropogênica em obras de engenharia, desmatamento e uso agrícola inadequado.

Segundo Christofolletti (1981, p. 96), vem de obra de 1841 do engenheiro francês Alexandre Surell a divisão de rios em partes, alta, media e baixa, e também premissa de que o trabalho dos rios consiste nos processos de erosão, transporte e deposição.

3.2.2 Variáveis de Geometria Hidráulica

As águas superficiais que compõem a vazão de um rio e que vão gerar aspectos concernentes à geometria do canal e geometria hidráulica ao longo do perfil longitudinal, são oriundas das chuvas, que, por sua vez, fazem parte do ciclo hidrológico.

TUCCI et.al (1997, p. 136) destaca dois fluxos principais no ciclo hidrológico:

O vertical é representado pelos processos de precipitação e evapotranspiração e o longitudinal pelo escoamento na direção dos gradientes da superfície (escoamento superficial e rios) e do subsolo (escoamento subterrâneo).

A vegetação exerce papel fundamental subjacente a estas duas direções de fluxo de matéria e energia do ciclo hidrológico. Em áreas com formações florestais há interceptação da chuva por parte das folhas, sendo que parte da chuva interceptada é evaporada e parte atinge o solo. Segundo Tucci et.al (1997, p. 136), nas áreas florestadas, da precipitação que chega ao solo, cerca de 85% atravessando a vegetação e 2% através de escoamento pelos troncos. A interceptação das chuvas diminui o impacto da chuva sob o solo e favorece a infiltração e evaporação.

Diversos autores apontam que em ambiente florestal a água das chuvas é retida pela vegetação, pelo sistema radicular e retorna a atmosfera pela evapotranspiração, ou seja, sob condições naturais a água é retida no sistema ou retorna ao ciclo hidrológico, já com o desmatamento, urbanização e uso agrícola inadequado há aceleração do fluxo, fazendo com que maior volume de água chegue mais rapidamente nos principais rios.

A capacidade de infiltração dependerá das características do relevo, do solo e do uso. Pritchett (1979, apud TUCCI 1997) afirma que a infiltração em solos com floresta é alta e o escoamento superficial é baixo. Um dos fatores que levam a esse fato é o papel desempenhado pelo sistema radicular que cria microporos no solo e da própria vegetação que impede a compactação através da interceptação e do ciclo vegetativo das plantas (nascimento e morte).

Para solos com superfície desprotegida que sofre a ação de compactação, a capacidade de infiltração pode diminuir dramaticamente, resultando em maior escoamento superficial (Op. Cit. p. 138).

No que tange às alterações de uso e manejo do solo, tendo o desmatamento como ação primária e o uso agrícola anual ou perene como atividade posterior, Tucci (Op. Cit.) realiza ampla revisão bibliográfica a respeito do tema.

Segundo revisão feita pelo autor, o efeito do desmatamento irá depender do uso posterior do solo. Em ordem crescente de efeitos negativos estão os seguintes usos agrícolas: desmatamento manual para cultivo de subsistência, desmatamento para cultura perene, desmatamento para cultura anual com práticas conservacionistas e desmatamento para cultura anual sem práticas conservacionistas. O maior problema da cultura anual é a constante aragem que deixa o solo totalmente suscetível a ação erosiva das chuvas.

Com relação a alterações de precipitação bacias hidrográficas, Tucci (Op. Cit.) aponta que somente pode haver diminuição da precipitação em áreas extensas que dependem da dinâmica local de evapotranspiração para ocorrência de chuva convectiva, como no caso da Amazônia. Já para bacias hidrográficas médias, até vinte mil quilômetros quadrados, a dinâmica da precipitação está associada aos grandes movimentos de massa de ordem global, portanto o desmatamento não irá afetar substancialmente uma diminuição da precipitação (Op. Cit. p.142).

Após discorrer acerca do impacto do desmatamento sobre o escoamento superficial e subsuperficial, Tucci (Op. Cit.) irá revisar o ponto de maior relevância para a presente pesquisa, alterações nas vazões médias. Levantando trabalhos de Hibbert (1967), Bosh e Hewlett (1982), Bruijnzeel (1990 e 1996), Edwards (1979), Lal (1981 e 1983), Lawson et.al (1981), Hsia e Koh (1983), Cornish (1993), Hornbeck (1993), Sahin e Hall (1996), Madduma et.al (1988), conclui que todos apontam aumento de vazão média em função da precipitação para as áreas pesquisadas em determinada série temporal de dados pluviométricos e fluviométricos. Entretanto, ressalta que todas as bacias hidrográficas analisadas possuíam até 100 km², com exceção de Madduma et.al (1988) que aponta aumento de vazão média em bacia hidrográfica de 1100 km².

Das bacias analisadas pelos trabalhos supracitados, Sahin e Hall (1996, apud TUCCI, 1997, p.148) concluem que em florestas onde a precipitação anual é menor que 1.500 mm, o desmatamento de 100% da área causa aumento média da vazão da ordem de 169 mm.

Em relação às vazões mínimas, a revisão de Tucci (1997, p. 148) afirma que alterações na mesma dependerão das novas características da capacidade de infiltração do solo.

Quando as condições de infiltração após o desmatamento ficam deterioradas, por exemplo, o solo fica compactado pela energia da chuva, a capacidade de infiltração pode ficar reduzida e aumentar o escoamento superficial, com a redução da alimentação do aquífero. De outro lado, se a água que não é perdida pela floresta, atinge o solo e infiltra, o aquífero tem uma maior recarga, aumentando as vazões mínimas.

Linhares (2005) em revisão bibliográfica acerca do tema manejo florestal e resposta hidrológica, afirma que os autores são unânimes em afirmar que após a remoção da floresta há um aumento inicial da vazão relacionado à proporção de vegetação removida. Foram 39 autores, os quais realizaram experimentos em bacias hidrográficas em todo mundo, analisados por Linhares (Op. cit.) para chegar a três conclusões:

- A remoção da floresta aumenta a produção de água.
- O aumento da área de cobertura vegetal diminui a produção de água.
- A resposta às mudanças na cobertura vegetal é variável e imprevisível.

3.3 Histórico Do Uso E Ocupação Das Terras

Monbeig (1984) esmiúça detalhes acerca da ocupação humana ao longo do oeste paulista, abrangendo as regiões do Pontal do Paranapanema, proximidades de Marília, Araçatuba até a fronteira norte do estado com Minas Gerais.

Antes de adentrarmos a cerca da ocupação pioneira destacamos aspectos da ocupação indígena, cujas pessoas habitavam áreas próximas a rios devido a caça e disponibilidade a água.

Indicações dadas por etnógrafos permitem avaliar a importância das lavouras indígenas: além da mandioca, várias espécies de milho, inclusive uma especial para consumo em viagens, o que implica na abertura de caminhos, além das clareiras; ainda, batatas, cará, cogumelos como o mangará, abóboras e, provavelmente, amendoim. A essas plantas alimentícias juntavam-se o tabaco e o algodão. Porém, não se pode fazer ideia da agricultura primitiva dessa população através dos seus infelizes descendentes de hoje. Métraux admite que os antigos guaranis eram agricultores eficientes, provavelmente superiores aos caingangues atuais e fala das grandes aberturas pelos tupiniquins, que além das culturas indicadas, utilizavam troncos de árvores calcinadas como estacas para o feijão (MONBEIG, 1984, p.88).

Acima o autor refere-se à agricultura praticada pelos indígenas do oeste paulista e a paulatina perda de saberes que culminou em lavouras empobrecidas tecnicamente. Para o mesmo, antes da chegada dos colonos havia diversas marcas presentes na paisagem decorrentes da ocupação indígena, entretanto infinitamente menos agressiva ao ambiente.

Os indígenas que habitavam o oeste paulista em meados de 1900 eram povos nômades oriundos de outras regiões, em especial das proximidades do planalto atlântico e depressão

periférica, onde a ocupação já havia se consolidado até o século XIX.

Monbeig (1984) destaca que a franja pioneira segue irrestritamente o avanço dos trilhos. Este mesmo autor afirma que inicialmente a Sorocabana deveria percorrer o vale do rio Paranapanema devido as manchas de terra roxa, entretanto dificuldades impuseram um novo trajeto.

Os trilhos atingiram Quatá em 1916, Presidente Prudente em 1920 e Presidente Epitácio em 1922. A decisão de seguir pelo espigão, desde que foi conhecida, imprimiu impulso decisivo às derrubadas e ao povoamento. Antes mesmo de serem atingidas pela estrada de ferro, já em 1916 e 1917, futuras aglomerações como Presidente Prudente e Santo Anastácio viram afluírem os primeiros pioneiros. O povoamento desencadear-se-ia com a circulação dos primeiros trens, coincidindo as datas, com poucos meses de diferença (MONBEIG, 1984, p. 187).

Monbeig (1984) destaca que as frentes pioneiras seguiam junto as manchas de terra roxa, conhecidas pela boa fertilidade e adaptabilidade à produção cafeeira.

[...]a geografia do café nos planaltos ocidentais, no momento em que vai explodir a crise de 1929, parece ser a simples continuação da de 1905. Os fazendeiros continuaram a seguir as tendências evidenciadas até aqui: a busca da terra roxa e o aproveitamento das boas terras dos espigões (MONBEIG, 1984, p. 188).

A maneira como se dispunha os loteamentos, partindo dos “espigões” que são os divisores

de água em direção aos vales dos rios, dão entendimento ao fato das principais manchas urbanas das bacias do Aguapeí, Peixe e Santo Anastácio estarem em tais interflúvios.

Segundo Monbeig (Op.cit.) a ocupação do espigão da Alta Sorocabana (Figura 3.13), entre as bacias hidrográficas dos rios Paranapanema, Peixe e Santo Anastácio se deu em sincronismo aos trilhos, enquanto as terras mantinham-se baratas ou mesmo inabitadas, entretanto diversos problemas estruturais acarretaram tal avanço prematuro.

As propriedades rurais entre o rio do Peixe e o Paranapanema se desenvolvem após 1925 como, consequência do avanço das grandes monoculturas que em 1905 se distribuíam de Avaré a Piraju e seguiram em direção aos trilhos da Alta Sorocabana (MONBEIG, 1984).

Para este autor, a ocupação no oeste paulista se deu pelos divisores das principais bacias hidrográficas devido ao solo fértil, ao clima das áreas elevadas serem mais propícios ao cultivo do café, além da topografia facilitar a instalação das ferrovias.

Junto com as estradas de ferro vieram pequenos sitiantes e comerciantes, grileiros, grandes produtores de café e pecuaristas. Desde então a área foi intensamente ocupada com derrubada sistemática da vegetação, sendo que já na década de trinta, milhares de hectares já haviam sido derrubados.

Ao longo das décadas de 1920 e 1930 o desmatamento se deu vertiginosamente, a ponto de haver falta de lenha para utilização em máquinas a vapor.

[...] a destruição foi tão rápida e completa, que a frente pioneira sofre hoje falta de lenha [...]. Nos municípios da Alta Araraquarense, as serrarias estão em vias de desaparecimento e os custos de construção das casas subiram, porque é preciso trazer em caminhão madeira de Pereira Barreto. Em Marília, a lenha para fogões tornou-se um artigo caro em 1946. [...] O problema tornou-se tão premente, que os fazendeiros e as empresas ferroviárias empreendem reflorestamentos nos mesmos locais onde há quinze ou vinte anos abatiam-se as florestas (MONBEIG, Op. cit., p.87).

Em figura 3.14 verifica-se o rio do Peixe e áreas adjacentes ainda intocada pelo avanço da ferrovia e cultura do café. A exceção dos contrafortes da serra do Mirante com seus topos achatados e vertentes escarpadas, tendo como principal incidência urbana o município de Marília. A extensão da Ferrovia Alta Paulista, da cidade supracitada até Panorama vai ocorrer uma década após 1929.

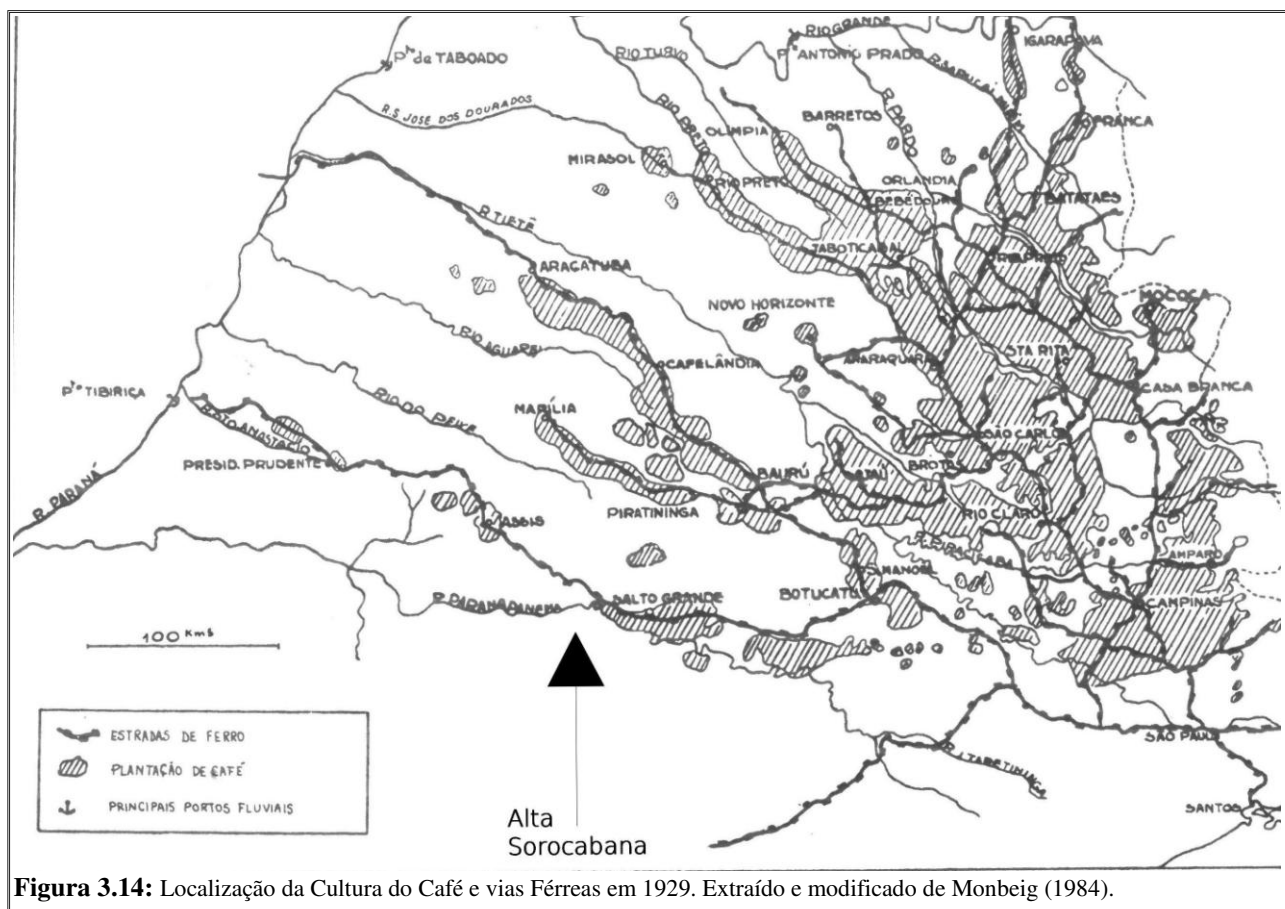


Figura 3.14: Localização da Cultura do Café e vias Férreas em 1929. Extraído e modificado de Monbeig (1984).

Além da cultura da violência e da grilagem tão enraizados no processo de colonização do oeste paulista, descrito por Cobra (1923) e diversos historiadores que se sucederam, havia uma corrida pelo desmatamento das áreas através do fogo, como que uma necessidade de imposição civilizatória, representada pelos imensos campos desnudos.

Essa cultura do desmatamento além do aspecto cultural e ideológico também respaldava-se em aspecto prático. Monbeig (1984) cita relatos de agricultores que observavam que os poços artesianos só enchiam quando era dada a retirada da floresta, que segundo o mesmo, consiste em grande consumidora de água.

Entretanto, ressalta que a retirada da floresta ocasiona lixiviação do solo com perda de matéria orgânica e diminuição do pH. Pesquisa do IAC¹⁸ aponta diminuição do pH de 7 para 5,4 em média nas áreas de terra roxa (apud MONBEIG, 1984, p.90). Outro impacto decorre da criação de camada dura sob a terra roxa, chamada de cascão, impedindo o desenvolvimento das raízes tanto para a agricultura como para a recomposição natural da vegetação. Já em relação aos

¹⁸ Instituto Agrônomo de Campinas - IAC

solos arenosos do grupo Bauru, aponta diminuição do solo arável, desaparecimento da matéria orgânica e suscetibilidade a erosão (MONBEIG, 1984).

[...] ao mesmo tempo e na proporção em que os tratos agrícolas são maiores e as queimadas repetidas todos os anos, forma-se uma cama inferior de concreções limoníticas e de grãos de areia fortemente cimentados com sequióxido de ferro e com elevada hidratação. Nos cortes do terreno, junto a cafezais que têm, no máximo, uma quinzena de anos, o solo endurecido apresenta-se abundantemente entremeado de pequenos nódulos de limonita. A erosão, mais ativa aqui, transportou completamente o solo arável e pôs em evidência uma camada resistente e pobre, sobre a qual os cafeeiros se estiolam. Nas superfícies com fraca inclinação, a água que se infiltra entre os dois horizontes forma, progressivamente, ravinamentos [...] (MONBEIG, 1984, p.91).

Além dessa verdadeira corrida ao desmatamento, a frente pioneira desencadeou outro problema ambiental como resolução a dificuldades enfrentadas pela expansão ferroviária e por aqueles recém-chegados em áreas de várzeas próximas a canais fluviais. O desequilíbrio ao ambiente proporcionou verdadeiras infestações de mosquitos transmissores de doenças, praticamente inviabilizando, por exemplo, o avanço pelos vales do Tietê e Paranapanema (Monbeig, 1984).

Áreas de várzea e aonde a velocidade das águas eram próximas a zero, durante as cheias se tornavam grandes áreas para reprodução de mosquitos transmissores de moléstias aos colonos. Segundo Monbeig, são as seguintes moléstias da marcha pioneira: malária, febre amarela, leishmaniose, chagas, ancilostomose, tracoma.

Durante vários meses, as chuvas, a subida das águas e as inundações correspondem à época de forte calor. As seções dos 'rios mortos' estão ladeadas por meandros e gamboas invadidos momentaneamente pelos rios em cheia. Essas superfícies planas, dos banharões e varjões onde o gado costuma ser levado comodamente para beber, são infestadas por mosquitos. Os ribeirões afluentes, barrados pelos aluviões, serpenteiam muito antes de desembocarem nos grandes rios e são, como os banharões, o domínio de uma vegetação invasora, de gramíneas flutuantes ... Nas águas paradas ou pouco movimentadas, abrigadas pela vegetação, os anófeles dispõem de locais propícios para botar os ovos (MONBEIG, 1984, p. 324).

Sendo assim, a maneira encontrada para o combate a tais áreas focos de mosquitos transmissores foi pela eliminação de áreas alagadiças de canais fluviais, retirada de matas ciliares e dragagem de margens para aumento de velocidade de fluxo da água. Rios do estado de São Paulo tiveram propositadamente toda mata ciliar retirada e as margens dragadas a fim de eliminar áreas alagadiças e úmidas propícias à propagação de mosquitos.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Caracterização Do Meio Físico

De acordo com IPT (1981) o rio do Peixe flui sob três formações geológicas, Formação Marília, Formação Adamantina e Formação Santo Anastácio.

Os afloramentos na bacia do rio do Peixe são predominantemente rochas sedimentares do grupo Bauru de idade mesozoica, formação Marília nas cabeceiras do alto curso e formação Adamantina ao longo das vertentes e nas planícies do baixo curso depósitos aluvionares cenozoicos da formação Santo Anastácio (IPT, 1981¹⁹).

IPT (1981) apud Queiroz Neto (1994, p. 25) aponta que a Formação Marília representa a parte terminal da sedimentação cretácea formada principalmente por arenitos carbonatados. Já a Formação Adamantina é constituída principalmente por arenitos e lamitos pouco carbonatados e o contato com a Formação Marília ocorre próximo a cota 500m na região de Oscar Bressane.

Boin (2000) aponta que as rochas da bacia do rio do Peixe encontram-se afetadas por deformações tectônicas que obedecem às linhas de fraquezas crustais herdadas das áreas geológicas que as sobrepõe.

Os três principais sistemas que compõem a estruturação desta área são: o sistema de descontinuidade continental evidenciado pelo controle de direção do rio Paraná (ENE-WSW), o sistema de alinhamento Guapiara ou Presidente Prudente de direção NW, onde se encontram encaixados os rios Santo Anastácio, Peixe, Aguapeí e Tietê e, por último, o sistema de lineamento oceânico do Rio de Janeiro, onde se encaixa o rio Paranapanema (SAADI 1993, apud BOIN, 2000, p.14).

A drenagem formada por rios conseqüentes e alinhados segundo as estruturas regionais, tais como o alinhamento de Guapiara, que confere aos rios um notável paralelismo entre eles em sentido NW (BOIN, 2000, p.15).

Do ponto de vista geomorfológico, a bacia do rio do Peixe situa-se na unidade morfoescultural Planalto Residual de Marília, inserida na unidade morfoestrutural Bacia Sedimentar do Paraná (ROSS, 1997).

¹⁹ Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). Mapa Geológico do Estado de São Paulo. São Paulo, 1981.

Ainda de acordo com Ross (1997), as formas de relevo predominantes do Planalto Centro Ocidental são as “colinas amplas e baixas com topos convexos e topos aplanados ou tabulares” (p.42)²⁰.

Tendo seu curso consequente em relação ao mergulho das camadas sedimentares o relevo do médio curso do rio do Peixe caracteriza-se como ondulado a suavemente ondulado. Extensos espigões tabuliformes, recortados por vales laterais profundos, fazem divisa da bacia hidrográfica a norte com o rio Aguapeí e sul com o Paranapanema e Santo Anastácio (IPT, 1981). A medida que se aproxima da foz com o rio Paraná, no paralelo 22°30'W, o relevo torna-se suave com rampas longas e baixos declives.

Queiroz Neto & Journaux (1978 apud SANTANA & QUEIROZ NETO, 1995) apontam pelo menos dois compartimentos geomorfológicos na bacia do alto Peixe, o superior corresponde ao platô de Marília e o inferior às baixa colinas do vale que se desenvolve a 100-150 m abaixo da escarpa.

Os principais rios que compõem a drenagem do planalto ocidental paulista, São José dos Dourados, Tietê, Aguapei, Peixe e Santo Anastácio, percorrem em direção à calha do Paraná, acompanhando a inclinação das camadas sedimentares.

Nos vales cujas vertentes estão voltadas diretamente para os cursos d'água as declividades são em média superiores a 15%, podendo atingir até 30%. Para as áreas colinosas aponta declividade média inferior a 15% (IPT, 1981 apud São Paulo, 1997).

Investigando a respeito das relações entre os solos e o modelado do relevo na região de Oscar Bressane, alto curso do rio do Peixe, Queiroz Neto (1994, p.27) aponta as seguintes características morfológicas ao vale do rio.

É possível reconhecer, na área de Oscar Bressane, a transição do sistema de relevo de colinas médias para as colinas amplas [...] a rede de drenagem torna-se menos densa para oeste e os interflúvios, consequentemente, mais amplos, com convexidade menos acentuada e menores declividades. Outra diferença marcante entre as áreas de colinas médias e a de colinas amplas é a presença, nas primeiras, dos vales secos em U aberto, que aumentam consideravelmente a movimentação do relevo; nesse sentido, as vertentes do sistema de colinas amplas são mais regulares e muito menos entalhadas.

²⁰ Baseando-se em trabalhos de PENCK (1953) e GERASIMOV & MECERJAKOV (1968), ROSS 1997 trabalha com o conceito de morfoestrutura e morfoescultura. Segundo o autor, as morfoestruturas são representadas “por determinadas características estruturais, litológicas e geotectônicas que evidentemente estão associadas as suas gêneses” (p.15), já as morfoesculturas caracterizam-se por “padrões de fisionomias de relevo desenvolvidas ao longo de muito tempo através das atividades climáticas que se sucederam no tempo e no espaço, que imprimiram e continuam a imprimir no relevo suas marcas” (p.16). Ross, J.L.S. & Moroz, I.C. 1997. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (escala 1:500.000). v. I. São Paulo, USP-FFLCH/IPT/Fapesp, SP.

Segundo Troppmair (2000) o clima da região, segundo a classificação de Koeppen “Cwa” e “Aw”, com invernos secos e verões chuvosos, temperatura média anual de 20°C com possibilidade de geadas no mês de julho, precipitação média anual de 1200 mm em 100 dias de chuva, precipitação máxima em 24 horas de até 150 mm, média anual de umidade de 70%. De acordo com dados de Troppmair (2000), o clima da região apresenta tendência de transição para o clima subtropical e forte atuação de massas polares advindas da calha do rio Paraná.

Com base em Sant'Anna Neto (2000) que analisa o comportamento das chuvas no estado de São Paulo desde 1888 a 1993, a bacia do rio do Peixe encontra-se inserida nas unidades pluviais denominadas Serra dos Agudos e Alta Sorocabana, cuja tabela 4.1 sintetiza as principais características.

Unidade	Características
Serra dos Agudos	Também mencionada como Planalto de Marília, alto curso rio do Peixe, sua elevação causa orografia gerando aumento de pluviosidade média entre 1.500 e 1.800 mm anuais.
Alta Sorocabana	Abrangendo médio e baixo curso, os totais anuais entre 1.100 e 1.500 caracterizam-se por grande variabilidade interanual devido a transição entre climas controlados pelas massas tropicais e extratropicais

Tabela 4.1: Principais características pluviométricas da bacia do rio do Peixe. Adaptado de Sant'Anna Neto (2000).

Diversos autores destacam a fragilidade da região em relação ao desenvolvimento de processos erosivos como ravinas e voçorocas devido às características físicas do relevo e ao uso e ocupação inadequados nas áreas urbanas e rurais. Tais processos levam à perda de solo fértil, comprometimento de obras civis e ao assoreamento dos canais fluviais.

Assim, rapidamente os frágeis solos do oeste paulista tornaram-se desnudos de sua vegetação Latifoliada e de Cerrado, tornando-se suscetíveis aos agentes erosivos, uma vez rompido o equilíbrio do sistema relevo-solo-vegetação (Troppmair, 2000, p.2).

Por predominarem solos com média de 85% de areia e 15% argila e pH entre 5,5 a 6 Troppmair (2000, p.7) aponta a área como favorável ao uso agrícola, embora exija cuidados para a “redução da erosão laminar e linear que no Planalto Ocidental é considerado como severas” (idem).

O Plano Estadual dos Recursos Hídricos (2004 – 2007) ressalta que processos erosivos como ravinas e voçorocas levam a perda de milhões de metros cúbicos anualmente, impactando obras civis e os recursos hídricos da bacia do rio do Peixe. As principais causas para a ocorrência de tais fenômenos são atividades agrícolas inadequadas, abertura de estradas vicinais sem medidas eficientes de drenagem, expansão urbana e desmatamento.

Sudo (1981) dispõe acerca da formação de voçorocas nas vertentes suaves e colinosas recobertas por latossolo vermelho arenoso e argissolos amarelos que ocorrem na bacia hidrográfica do rio do Peixe.

Segundo o autor, as vertentes onduladas que apresentam maior declividade e encostas mais curtas dão origem aos Argissolos Amarelos que possuem concentração de argila no horizonte B (horizonte Bt), apresentando maior suscetibilidade a erosão.

Geralmente aparecem constituídas de um horizonte superficial A, de 40 a 60 centímetros de espessura, com teor de argila em torno de 5% e soma das frações arenosas superior a 80% sobreposto a um horizonte B, mais espesso, com uma concentração de argila que pode chegar a mais de 30% nos níveis iniciais do horizonte. A soma das frações arenosas, ao longo deste horizonte inferior, é de 60 a 70%, como variação mais comum (SUDO, 1981, p.187).

Os latossolos formam-se sob as colinas suaves e áreas aplainadas. Devido ao relevo pouco movimentado possui menor susceptibilidade à erosão. Segundo Sudo (1981, p.187), apresenta “espessuras que variam entre 10 a 20 metros, tendo alta porosidade e permeabilidade, teores de argila em torno de 15% e soma das frações arenosas superior a 70% como média ao longo do perfil”.

Santana & Queiroz Neto (1995) ao analisar os fatores responsáveis pela alta erosão linear em Marília, apontam que no platô do Planalto de Marília/Echaporã os Latossolos apresentam drenagem vertical muito forte, com índice de infiltração superior a 200mm/hora e ao longo das vertentes onde aparecem os solos com B textural a taxa de infiltração é de 15 mm/hora. Nas estações chuvosas ocorre suspensão do lençol e afloramento acima da transição E/Bt,

gerando circulação lateral de água. Na parte inferior da vertente ocorre perda total das argilas em toda espessura dos solos, devido a hidromorfia causada pela presença do lençol freático principal.

Santana & Queiroz Neto (1995) ressaltam que tal dinâmica ocorre nas colinas ao longo de todo rio do Peixe, embora a formação de Latossolos não se restrinjam ao platô de Marília, havendo ocorrência em outras áreas, cujo relevo seja propício.

Em relação aos solos arenosos do Grupo Bauru presentes na área, Suguio (2008) detalha o ambiente pedogenético nos seguintes aspectos:

[...] quando se compara o Período Cretáceo com o último milhão de anos, foi bem diferente pois a temperatura diminuiu e a pluviosidade aumentou. Em consequência disso o solo é avermelhado escuro e arenoso e exibe pH inferior a 7 (ácido)²¹.

Presume-se que as ocorrências de depósitos de solos eluviais são limitadas e, na maioria, representam depósitos de solos coluviais, resultantes de rastejo. Como se pode depreender também das características originais os solos arenosos vermelhos escuros são muito suscetíveis à erosão.

Sallun e Suguio (2009) definem quatro superfícies de aplainamento na área da presente pesquisa:

- Superfície I: área mais alta entre 600 – 700, representa o Planalto de Marília, recortado pela dissecação da drenagem, seus topos aplainados exibem textura lisa em colinas amplas.
- Superfície II: morrotes, colinas médias e amplas em cotas entre 460 – 600 m, decréscimo transicional das cotas, aumento de declividade nas proximidades com superfície I.
- Superfície III: colinas amplas com topo aplainado entre 320 – 460 metros, a textura do relevo acompanha a altimetria, ou seja, em áreas mais elevadas o relevo torna-se mais rugoso e menos elevados mais liso, espessa camada de colúvio associadas à dissecação dos principais afluentes do Peixe.
- Superfície IV: entre 300 – 320 metros, composta por depósitos aluviais atuais.

²¹ Normalmente os solos das regiões tropicais exibem alta acidez com pH (potencial do íon hidrogênio) inferior a 7 e o argilomineral característico é o caulínítico (SUGIO, 2008, p.88).

Segundo os autores:

O vale do Rio do Peixe é bem delimitado por zonas de maior declividade, demonstrando entalhamento vertical em suas bordas e forma retilínea na direção NW-SE, e a simetria de direção preferencial N-S e NNE-SSW que os rios distributários exibem. Na porção mais baixa do vale do Rio do Peixe, as declividades diminuem drasticamente em uma região mais plana (SALLUN E SUGUIO, 2009, p.91).

De acordo com inventário florestal do Estado de São Paulo, são formações típicas da região: Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional em contato com Savana, Formação Arbórea e Arbustiva Herbácea em região de Várzea, Savana, Savana Florestada e Arborizada. A figura 4.2 extraída de Monbeig (1984), sintetiza as formações vegetais na franja pioneira paulista. Nota-se predomínio de florestas ao longo da bacia do rio do Peixe.

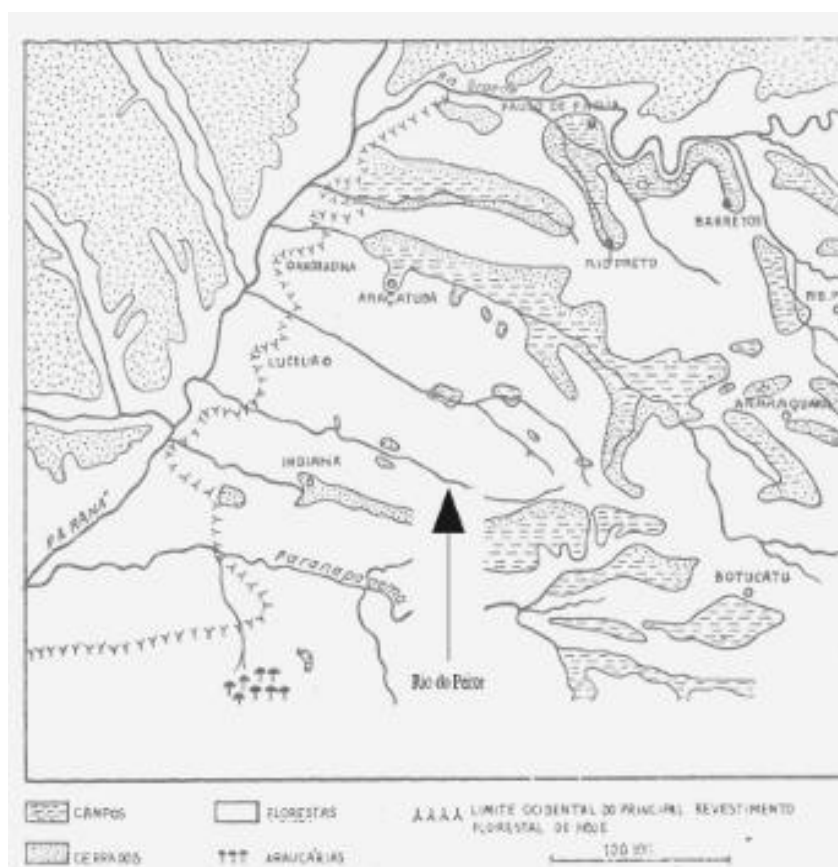


Figura 4.1: Mapa de Formações vegetais naturais do oeste paulista. Extraído de Monbeig (1984).

4.2 Metodologia

4.2.1 Trabalho de Gabinete

Para a realização do presente trabalho nos apoiamos inicialmente em pesquisa bibliográfica acerca da Comissão Geográfica e Geológica e suas bases científicas e metodológicas empregadas nas expedições. Para tanto realizou-se pesquisa em arquivos históricos, obteve-se as fotos originais e digitalizadas da expedição, levantou-se os boletins da CGG entre 1886, data da criação da comissão, e 1906, ano da realização da segunda etapa da expedição ao Peixe.

Em pesquisa acerca da cartografia disponível em 1906 para a região da bacia do Peixe, pode-se constatar que o mesmo não era tido como existente na escassa cartografia da época. O oeste paulista aparecia somente em cartas que abrangiam o todo do território paulista. Em figura 3.1, apresentada anteriormente, Carta Geral do Estado de São Paulo, observa-se que o rio do Peixe não é nomeado, e seu canal está equivocadamente mapeado, no caso tido como afluente do Aguapeí.

Essa pesquisa tem como mote principal os 5 perfis transversais feitos na expedição CGG e os dados ao longo dos textos do Relatório da Expedição ao Rio do Peixe, referentes à morfologia e fluxo do rio. Em anexo há 7 cartas referentes ao percurso da viagem, das quais 4 em escala 1:50.000 detalham o canal do Peixe, até então não cartografado, a partir de sua confluência com o córrego Arrependido, município de Marília, até sua foz com o rio Paraná.

Em figura 4.2 apresenta-se os locais dos perfis. Por se tratar de uma área até então não cartografada, foi necessário reconhecer os perfis transversais em cartografia atual. Em primeiro momento, reconhecemos os municípios e distritos mencionados em 1906, por onde iniciaram a incursão até a bacia do rio do Peixe, Conceição do Monte Alegre e Campos Novos Paulista, atualmente Paraguaçu Paulista e Campos Novos.

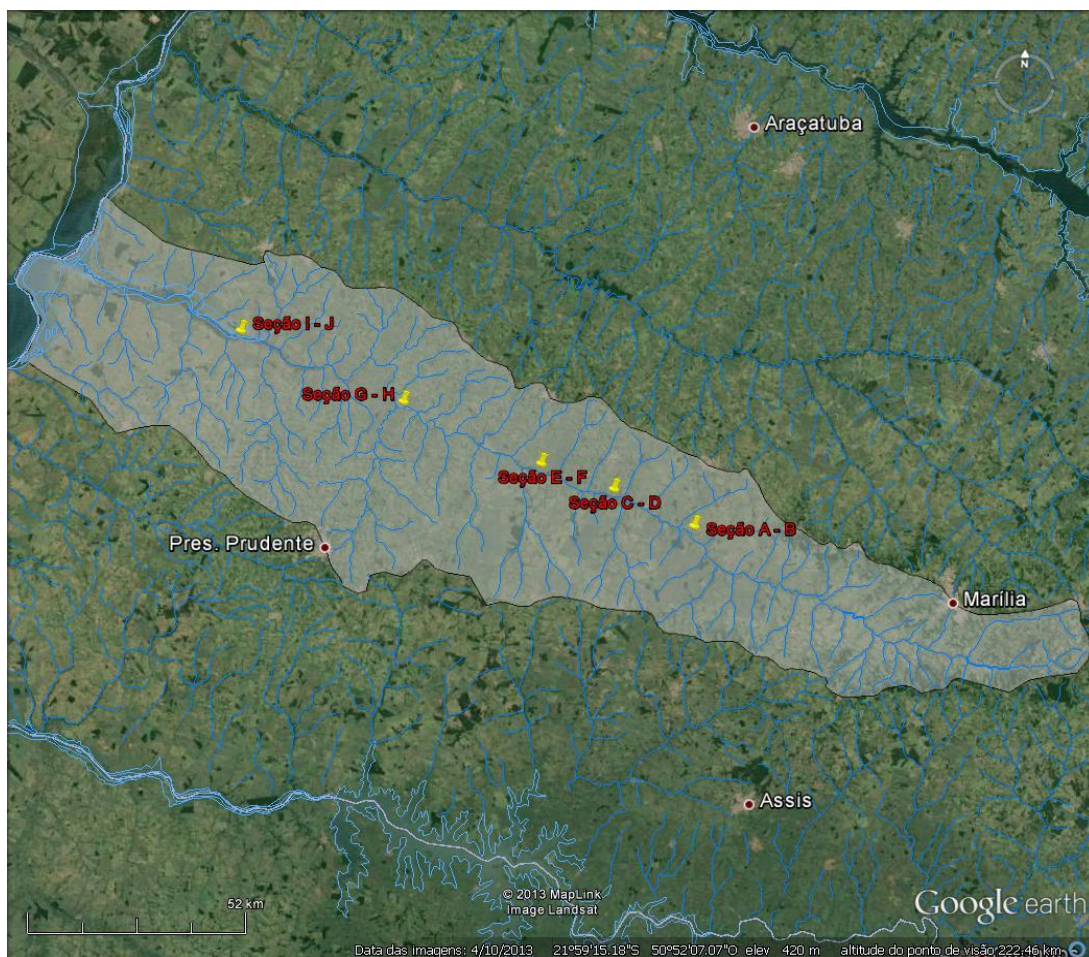


Figura 4.2: Bacia hidrográfica rio do Peixe e perfis transversais 1906, refeitos em 2012.

Em cartas topográficas IBGE 1:50.000, buscou-se as referências de cotas altimétricas²², afluentes e traçado do canal do rio do Peixe, em comparação às cartas de 1906, a fim de localizar as seções transversais para análise em cartografia atual.

Em figura 4.2, os cinco perfis transversais em representação cartográfica de acordo com toponímia atual. A seção A-B, localizada no médio curso do canal do rio do Peixe, entre os municípios de Tupã e Quatá, seção C-D, médio curso entre Rancharia e Bastos, seção E-F, médio curso entre Rancharia e Parapuã, seção G-H, baixo curso entre Caiabu e Mariópolis e seção I-J, entre os municípios de Ribeirão dos Índios e Dracena.

Realizamos a digitalização das cartas publicadas pela CGG em 1906 a fim de manuseamento em ambiente computacional e análise comparativa. Uma vez localizados os perfis

²² As cartas de 1906 possuem curvas de nível em equidistância de linhas a cada 10 metros. Entretanto nos trechos de rupturas de declive, tais como cachoeiras e corredeiras, há maior detalhamento altimétrico.

em cartas topográficas, passou-se a utilizar o software Google Earth para representação espacial, no âmbito locacional, identificando todo percurso feito pela comitiva da expedição, tanto em 1905 como em 1906. Já a terceira base, para análise espacial, se deu por meio de arquivos vetoriais IBGE, arquivos Raster em imagens SRTM e Aster GDEM, afim de obter perfil de elevação, declividades, altimetria, rugosidade do relevo, entalhamento e densidade de drenagens, compartimentos geomorfológicos e morfoestruturais.

A criação do perfil longitudinal se deu por meio de curvímeter analógico sob as cartas 1:50.000 CGG 1906 e IBGE 1974. Para garantia da exatidão das medidas feitas por curvímeter, realizou-se 5 medidas de distância de trechos do canal e obteve-se a média das preliminares. Após tentativas de se realizar o perfil longitudinal do rio do Peixe em ambiente SIG, obtendo resultados insatisfatórios, optou-se pelas cartas analógicas. Com as medidas de distância calculadas através de curvímeter analógico suíço e os pontos altimétricos cotados, obteve-se o perfil, o qual é analisado no capítulo 4.4. Com o mesmo foi possível também comparar a sinuosidade do canal em ambas as cartas.

Também foi obtido o perfil longitudinal a partir de dados altimétricos SRTM em ambiente georeferenciado *Arc Gis*, criando modelo digital de terreno e sobrepondo rede de canais vetorizadas da bacia do rio do Peixe sob o mesmo, podendo, assim, obter os dados do canal relativos a distância da nascente e cota altimétrica. Sendo os dados SRTM levantados em 2000, pode-se toma-los como referencial para análise das rupturas de declive do canal principal.

As medidas de profundidade medidas, largura e fluxo conjuntamente em embarcação presa em cabo transversal esticado entre as margens do rio. As profundidades foram feitas com auxílio de lastro de 11kg acoplado a cabo com leitor de distância em metros. As medidas de largura foram obtidas por marcadores a cada metro em cabo de aço esticado transversalmente sob o rio. As medidas de fluxo, foram feitas por meio de molinete fluviométrico acoplado em lastro de 11kg, medidas em 20 e 80% das profundidades acima de 1 metro e em 60% para profundidades inferiores a 1 metro. Em todas seções transversais, independentemente da largura do canal, procurou-se obter acima de vinte medidas batimétricas e de fluxo ao longo do perfil para melhor representatividade estatística dos dados.

O mapeamento do uso das terras se deu em duas séries temporais, 1974 e 1997, a fim de obter compreensão da dinâmica do uso e ocupação das terras. O uso do primeiro momento é oriundo de Chiarini et al. (1974), o qual se baseia no levantamento aerofotogramétrico do Estado

de São Paulo, realizado no período de 1971 a 1973, para mapeamento por método estatístico de amostragem sistemática. O levantamento das informações foram em fotografias aéreas em escala aproximada 1:25.000 e as cartas de uso de Chiarini et al são publicadas em escala 1:750.000.

A fotointerpretação se deu em malha de pontos com área de 1km², proporcionais à extensão territorial do estado de São Paulo, dentro de margem de erro máxima de 5%²³. Delimitada a bacia hidrográfica do rio do Peixe em ambiente georeferenciado *Arc Gis*, inserimos as cartas digitalizadas de Chiarini et al. e levantamos a porcentagem de pontos para cada classe de uso.

O valor obtido para pastagens está englobado em todas categorias de uso tendo em vista a área total da bacia hidrográfica do Rio do Peixe. Além disso, somou-se a porcentagem de culturas temporárias e cana-de-açúcar para efeitos comparativos ao dados de 1976.

As lacunas no mapa (figura 5.1) se devem a falta de informações nas cartas de Chiarini et. al. (1976). Para realização do mesmo digitalizou-se os pontos com equivalência espacial de 1km² para cada classe de uso agrícola. Chegou-se ao total de 10.210 pontos para a bacia do Peixe, cuja área calculada²⁴ pela presente pesquisa é de 10,206,73 km².

Já o uso do segundo momento se pauta em publicação do Comitê de Bacias Hidrográficas Aguapeí Peixe, o qual compila dados de mapeamento das Cartas de Uso do Solo do Estado de São Paulo IGC (1986) em escala 1:250.000, Inventário Florestal do Estado de São Paulo IF (1995) em escala 1:250.000 e imagens e imagens LANDSAT – composição 3B/4G/5R adquiridas do INPE e datadas de setembro de 1997. Utilizamos dados tabulados de tal mapeamento, publicado em São Paulo (1997). Estas foram impressas em escala 1:75.000 para interpretação das classes de uso, as quais: cobertura vegetal natural (matas nativas), áreas de reflorestamento, culturas perenes, predomínio de culturas temporárias, culturas semi-perenes – cana-de-açúcar, predomínio de pastagens e áreas urbanas e sistema viário.

²³ Cada ponto representa uma classe de uso da terra predominante, cultura perene, ou cultura temporária, ou pastagem ou outros. Com a margem de erro, isso quer dizer que há 5% de probabilidade da área fotointerpretada não corresponder ao uso predominante designado.

²⁴ Delimitamos a bacia hidrográfica através de produtos gerados a partir de imagens SRTM, *hillshade* e *shaderelief* e pela classificação em mapa hipsométrico.

Posteriormente, ajustamos ambos mapeamentos em softwares Georeferenciado *Arc Gis* e sobreposmos os mesmos para verificar as mudanças do uso e ocupação das terras em amostras circulares distribuídas homogeneamente pela bacia hidrográfica do rio do Peixe.

A integração dos dados, informações e resultados no ambiente SIG visa permitir a sua análise por meio de técnicas de geoprocessamento, essencialmente o cruzamento dos mapas na busca de correlação entre os parâmetros.

Realizamos pesquisa bibliográfica acerca de temas geoambientais da bacia do peixe. Com isso, obtivemos dados sobre solos, erosões, embasamento e falhamento geológico, regime dos rios, clima da região, barragens e captação de água em corpos d'água e subterrânea.

Análise da dinâmica hidrológica do rio a partir dos dados pluvio e fluviométricos disponíveis no banco de dados do Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo (DAEE) e Agência Nacional de Águas (ANA). Mesmo com embasamento sobre tais aspectos em bibliografia, preocupou-se na compreensão do regime de fluxos do rio. Os dados foram obtidos através do portal *Hidroweb ANA* (www.hidroweb.ana.gov.br) e *SIGRH DAEE* (www.sigrh.sp.gov.br).

Na bacia do rio do Peixe a série analisada foi de 1970-1997, dos postos D6-025 e 7D-010, pluviométricos e fluviométricos, respectivamente, situados no município de Marília, cuja área de drenagem, de acordo com DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) é 734 km². No que tange a área da presente pesquisa e sua série temporal, Groppo et. al (2005) apontam que há tendência positiva na média de precipitação, porém o mesmo não ocorre na média de vazão.

Na presente pesquisa o principal fator abordado é a geometria hidráulica, a qual se compõe de dois elementos: fluxo e material sedimentar.

A tabela 4.2 sintetiza as variáveis medidas em trabalho de campo.

Largura do canal	Largura da superfície da camada de água recobrando o canal
Profundidade	Espessura do fluxo medida entre a superfície do leito e a superfície da água
Velocidade do fluxo	Comprimento da coluna de água que passa, em determinado perfil, por unidade de tempo
Volume ou débito	Quantidade de água escoada, por unidade de tempo
Gradiente de energia	Gradiente de inclinação da superfície da água
Relação entre largura e profundidade	Resulta da divisão da largura pela profundidade
Área	Área ocupada pelo fluxo no perfil transversal do canal, considerando a largura e a profundidade
Perímetro úmido	Linha que assinala extensão da superfície limitante recoberta pelas águas
Raio hidráulico	Valor adimensional resultante da relação entre a área e o perímetro unido ($R = A/P$)
Concentração de sedimentos	Quantidade de material detrítico por unidade de volume, transportada pelo fluxo

Tabela 4.2: Variáveis de Geometria Hidráulica. Adaptado de Christoforetti (1981).

4.2.2 Trabalho de Campo

A organização do campo consumiu grande preocupação e tempo por suas peculiaridades e centralidade na pesquisa. A atividade principal em campo consistiu em realizar medições de largura, fluxo e profundidade no mesmo local das seções transversais de 1906²⁵, as quais se distanciam de estradas e pontes de acesso, sendo necessário navegação pelo rio.

Anteriormente aos trabalhos de campo de 20 setembro e 02,03 e 04 de outubro de 2012, realizamos três visitas à área de pesquisa com o objetivo de reconhecimento da área da bacia hidrográfica visando a localização e o planejamento do levantamento dos dados nas cinco seções transversais. Obteve-se importantes contatos com moradores locais objetivando a preparação de

²⁵ Distorções cartográficas, assim como as coordenadas atribuídas pelo GPS em campo, podem deslocar o local das seções, não coincidindo exatamente o local da seção de 1906 e atual, entretanto tomou-se as devidas precauções para minimizar tais efeitos.

equipamentos para as fases futuras do trabalho de campo, como exemplo, a locação de barcos, avaliação dos locais de embarque e desembarque no rio e identificação de estradas vicinais de acesso mais próximas às seções transversais. Junto aos moradores locais, colheu-se informações a respeito da dinâmica dos trechos do rio próximos às seções identificadas.

Em 20/04/2012 realizou-se os perfis transversais A-B e C-D²⁶ no médio curso, próximos ao município de Tupã, com o auxílio de barqueiro. Para a medida de fluxo utilizou-se graveto como objeto flutuador e obteve-se velocidade somente da margem esquerda, centro e margem direita²⁷, levando-se em conta a largura da seção transversal e a dinâmica local do fluxo. Para o lançamento do objeto flutuador nas respectivas margens, procurou-se local sem turbulência com características de fluxo laminar bem definidas superficialmente.

Para tal técnica, em profundidades superiores a trinta centímetros, o objeto mais indicado é garrafa pet de um ou dois litros enchidas com água ou areia pela metade, para que a garrafa afunde alguns centímetros da superfície. Afim de que se obtenha um padrão nas medidas é recomendável o uso da mesma garrafa e que na mesma seção transversal se tenha ao menos 20 medidas de fluxo.

Carvalho (2008) analisa diferenças de velocidade de fluxo medidas por molinete fluviométrico e objeto flutuador, aponta aumento de 25% para medidas obtidas por meio de objeto flutuador. Com molinete fluviométrico as medidas de velocidade de fluxo são feitas a 60% em profundidade de até um metro e 20% e 80% em profundidade superior a um metro. Já com o objeto flutuador a velocidade é obtida de amostragem superficial do escoamento que são hidraulicamente maiores.

Ressalta-se que a realização desses perfis serviram de treinamento para que os mesmos fossem refeitos em setembro, mesma período de 1906, visando encontrar o nível do curso d'água em condições climáticas de chuva parecidas, levando-se em consideração a dinâmica climática na bacia hidrográfica.

O molinete fluviométrico pode ter vários tipos de hélices adaptadas aos diferentes tipos e velocidades de fluxo, possui forma de torpedo e necessita de estabilizador a ser acoplado em seu corpo e instalação de cabo para leitura eletrônica da velocidade. Ao girar da hélice um simples sistema eletrônico realiza a contagem de pulso, a qual interrompe em tempo pré-determinado

²⁶ Segue em Anexos a ficha de campo.

²⁷ A distância utilizada para cronometragem do objeto foi de 6 metros, referentes ao tamanho do barco utilizado.

diretamente no equipamento de leitura. As medições podem ser feitas a vau ou com guincho junto a um cabo e lastro acoplado abaixo do corpo do molinete. Nas medições da presente pesquisa o tempo de contagem de pulsos foi de cinquenta segundos no modo de medição com guincho.

Carvalho (2008) descreve métodos de medição de vazão, tais como por objeto flutuador como por molinete. Aponta as seguintes considerações:

[...] serve para medir de forma pontual a velocidade da corrente de água por unidade de tempo, normalmente expressa em m/s (metros por segundo). Os molinetes possuem uma hélice a qual converte o movimento de translação do fluxo de água em um movimento e rotação de uma hélice, que com o auxílio de um contador é determinado num intervalo de tempo o número de voltas que a hélice realizou, após saber o número de voltas da hélice num dado intervalo de tempo, é determinado a velocidade do fluxo com a “equação do molinete”. A “equação do molinete” é fornecida pelo fabricante do aparelho, esta equação é calibrada para cada molinete de forma individual e somente pode ser usada para o aparelho calibrado.

As medidas definitivas foram feitas junto com técnico²⁸ do CTH - DAEE (Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos do Departamento de Águas e Energia Elétrica) regional Presidente Prudente nas seguintes datas: dia 20/09/2012 seção A-B (Tupã – Varpa), 02/10/2012 seção C-D (Bastos – Rancharia) e E-F (Usina Quatiara), dia 03/10/2012 seção G-H (Mariápolis) e 04/10/2012 seção I-J (Ribeirão dos Índios). Seguiu-se o padrão de medidas em 20 e 80% das profundidades acima de 1 metro e procurou-se obter acima de vinte medidas batimétricas e de fluxo ao longo do perfil, a fim de se obter a média mais fidedigna possível do real.

Para tais atividades, foram utilizados equipamentos de GPS²⁹, molinete fluviométrico, contador digital de rotações, barco, guincho métrico, lastro de 11 quilos, cabo de aço, réguas, fita métrica, estacas, levantamento fotográfico e caderneta de campo (figura 4.4). As medidas de largura e profundidade nas seções, foram obtidas conjuntamente à medida de fluxo. Após atividade em campo as planilhas foram digitalizadas e enviadas para o CTH – DAEE de São Paulo para o cálculo da velocidade de fluxo, profundidade média, área da seção transversal, vazão e raio hidráulico.

²⁸ Valentim Vicente Perussi, trabalha para o CTH – DAEE desde 1978, realizando atividades em todos canais das bacias hidrográficas dos rios Paranapanema, Peixe e Aguapeí, tais como medidas de vazão a partir de cotas levantadas por estação total para obtenção de curva chave, instalação de estações automáticas de medida de nível fluvial, monitoramento de todas as estações pluviométricas e fluviométricas do DAEE na região administrativa de Presidente Prudente.

²⁹ Global Positioning System

Tais perfis com medidas de largura, profundidade e fluxo do rio, foram feitos durante os meses de julho e agosto de 1906 e publicados na forma de desenho em escala. Cada um deles foram mapeados nas cartas 1:50.000 e por isso foram possíveis de serem encontrados em campo através da cartografia atual.

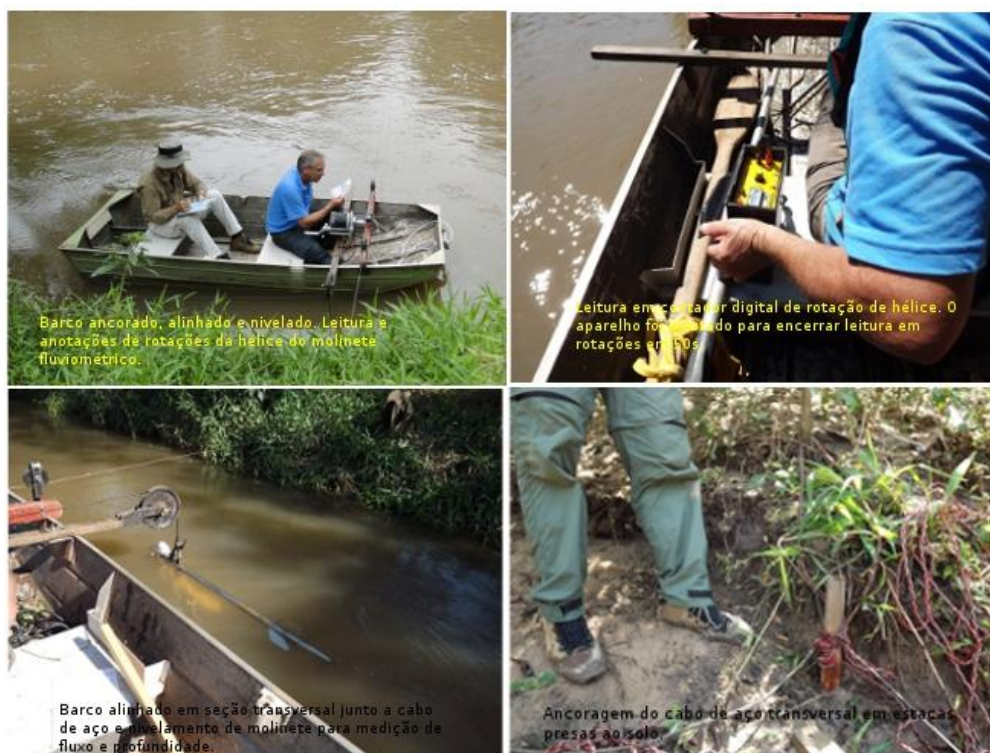


Figura 4.3: Fotografias de medições em campo, setembro e outubro de 2012.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Mapeamento Do Uso Das Terras

Para o levantamento histórico do uso das terras da bacia do Rio do Peixe utilizou-se três referências já publicadas para efeito de comparação da evolução do uso e ocupação das terras.

Entretanto, ressaltamos que para a bacia hidrográfica pesquisada não havia nenhum levantamento de uso e ocupação das terras até os anos 70. Para tanto, baseou-se em levantamento feito por Chiarini et al. (1976).

A pedido do instituto brasileiro do café em parceria com a Secretaria Estadual da Agricultura e Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, foi feito levantamento aerofotográfico do estado de São Paulo em 62 e 72 na escala aproximada de 1:25. 000, realizado pela Aerofoto Natividade Ltda. Consistiu em sobrevôo para registro de fotografias verticais com recobrimento entre fotografias de 60% no sentido do voo e de 30% entre as faixas, permitindo visão em três dimensões de pares fotográficos por estereoscopia (CHIARINI et al, 1976).

Chiarini et al. (Op. cit.) interpreta tais fotografias para identificação do uso e ocupação do solo em todo Estado de São Paulo. A fotointerpretação foi feita por amostragem, devido às proporções territoriais do estado e ao número reduzido de membros na equipe técnica. Utilizou-se fotoíndices na escala aproximada 1:100.000, para elaboração da grade de pontos a serem interpretados. A quantidade de pontos para interpretação foi definida por cálculo estatístico, tendo por função a área levantada e do erro relativo na amostragem. A partir dos cálculos demonstrados por Chiarini et al (Op. cit.) e Serra Filho (1974), distribuiu-se pontos com equivalência espacial de 1 quilômetro. Tais pontos foram transferidos para as fotografias aéreas na escala aproximada 1:25.000 onde foram interpretados para classificação do uso das terras.

Os resultados foram apresentados em 10 mapas temáticos na escala 1:750.000, obedecendo a divisão administrativa estadual da época. Para a bacia do rio do Peixe foram utilizadas as folhas das regiões administrativas de Marília e Presidente Prudente .

Os mapas foram georreferenciados de acordo com as referências impressas nos mesmos em software Arc-GIS da ESRI®. Como os pontos já possuem referencial de um quilômetro quadrado, criou-se layers de pontos para cada classe de uso. Após feita digitalização, somou-se a ocorrência de pontos para cada classe, figura 5.1.

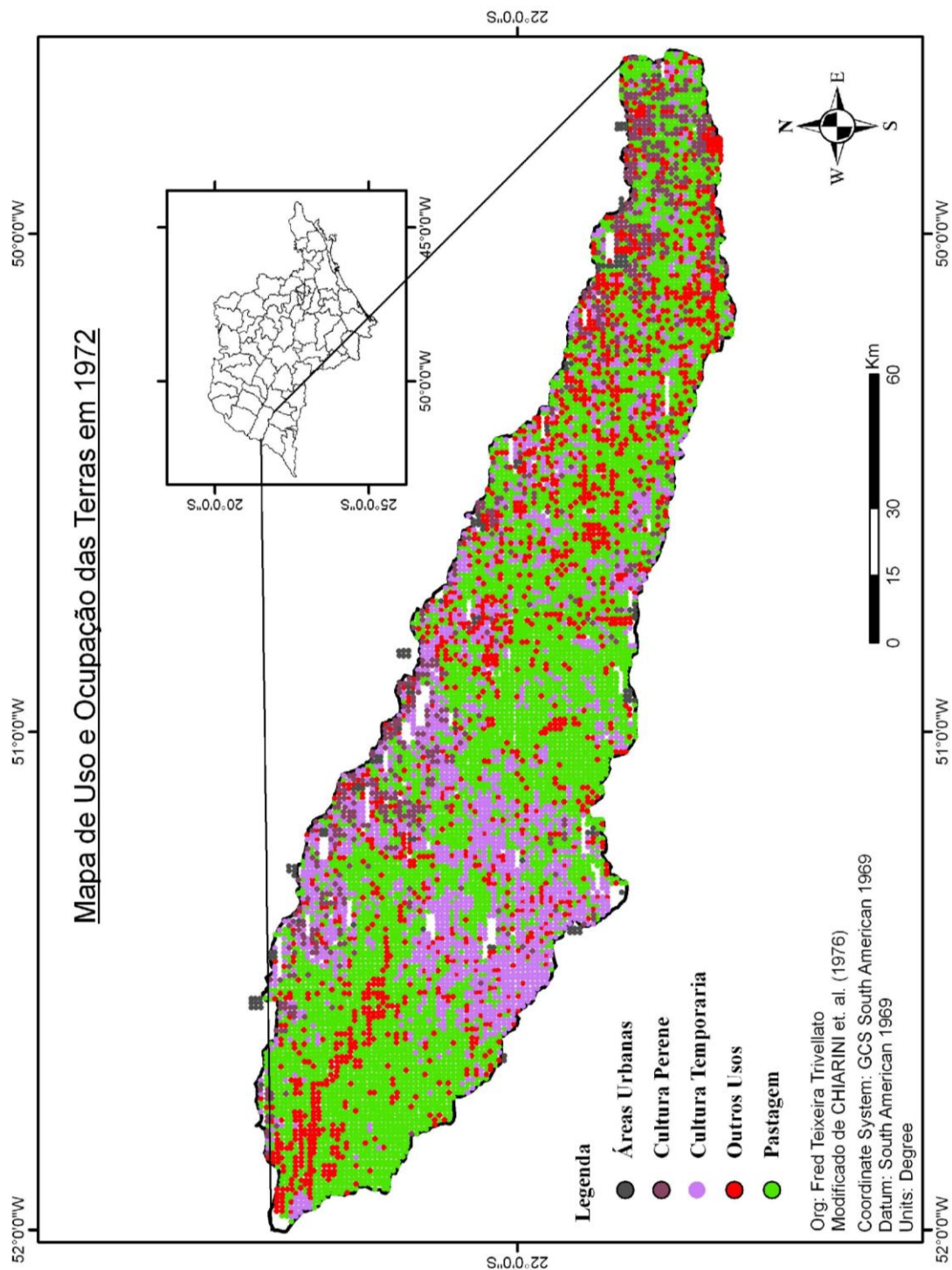


Figura 5.1: Mapa de Uso das Terras em 1972.

Os pontos em verde, simbolizando pastagens, compreendem a maior parte do uso na bacia do Peixe, com destaque para o baixo curso da bacia hidrográfica e para áreas próximas ao

meridiano 51W, em segundo as culturas temporárias em pontos roxos, como algodão e cana, predominando nas proximidades do município de Presidente Prudente, pontos marrons para culturas perenes, como café, concentrados na divisa com a bacia hidrográfica do rio Aguapeí, sendo esse uso um dos vetores da expansão da frente pioneira e em pontos vermelhos a classe outros usos. As áreas urbanas da bacia hidrográfica do rio do Peixe se concentram nos divisores de bacias, portanto marcamos os núcleos urbanos representados por Chiarini et. al. (Op. cit.)

O trabalho de Chiarini et al. (Op. cit.) teve por objetivo o levantamento das áreas agrícolas, não levando em consideração, portanto, o que não se enquadrava como cultura perene, temporária ou pastagem. Tais áreas foram classificadas como outros, englobando rodovias, lagos, represas, afloramentos rochosos, terras fortemente erodidas, cobertura vegetal natural, áreas reflorestadas e terras tomadas por vegetação espontânea. Entretanto chegamos ao mapeamento de Outros Usos devido às lacunas presentes na grade de mapeamento elaborada por Chiarini et. al. (Op. cit.)

De acordo com Chiarini et. al. (Op. cit.), culturas perenes possuem duração de vários anos, dependendo das condições ambientais podem perdurar mais ou menos tempo. Os casos mais comuns de cultura perene são: café, citros, chá, cacau, banana, seringueira e frutíferas em geral.

Culturas temporárias podem perdurar durante 12 meses ou mais. São caracterizadas como anuais ou semi-perenes, respectivamente. São exemplos mais comuns: milho, arroz, batata, tomate, algodão, soja, feijão, mandioca, amendoim, mamona, abacaxi, cana-de-açúcar e hortigranjeiras.

O mesmo autor classifica as pastagens cultivadas até um limite máximo de presença de ervas daninhas e arbustos. Quando se tornam predominantes na imagem são classificadas como cobertura residual vegetal, também chamada de terras ociosas.

Ao tabular os dados disponibilizados pelo CBH AP e levantados a partir dos mapas de Chiarini et al. (Op. cit.) elaborou-se a figura 5.2.

Uso e Ocupação das Terras 1972 - 1997

Valores em porcentagem em relação a área total

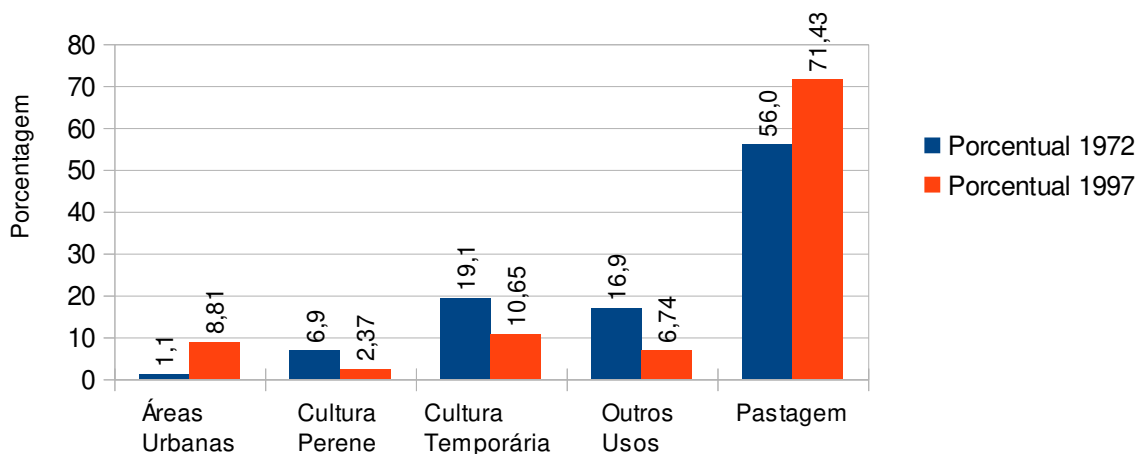


Figura 5.2: Gráfico mudanças no Uso e Ocupação das terras em dois momentos.

Em 1972 as áreas urbanas compunham 1,1% da área da bacia do rio do Peixe, pastagens 56%, culturas temporárias 19,1%, culturas perenes 6,9% e outros usos 16,9. Já em 1997 do total da área da bacia hidrográfica do rio do Peixe, 8,81% consistiam em áreas urbanas, 71,43% pastagens, 10,65% de culturas temporárias, 2,37% de culturas perenes e 6,74% para outros usos.

Destacamos o aumento das áreas urbanas oito vezes superior em 1997 em relação a 1972. Embora sua porcentagem não seja de destaque, seu aumento estatístico é extremamente relevante, principalmente no que tange a transformações de impermeabilização do solo e aumento de escoamento superficial.

A variação porcentual de 72 para 1997 apresenta vertiginoso aumento para áreas urbanas, 700% em 25 anos, recuo de 65,45% em culturas perenes, recuo de 44,27% em áreas de culturas temporárias, recuo de 60,02% para outros usos e aumento de 27,46% para pastagens.

São Paulo (2008) baseia-se em censo agropecuário (LUPA), realizado pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, para atribuir a porcentagem do uso agrícola para a bacia do Peixe em 2008. De acordo com esses, excluímos a classe áreas urbanas do tabela de uso de 1972 e comparamos as mudanças de uso agrícola entre 1972 e 2008 para a bacia hidrográfica do rio do Peixe, figura 5.3.

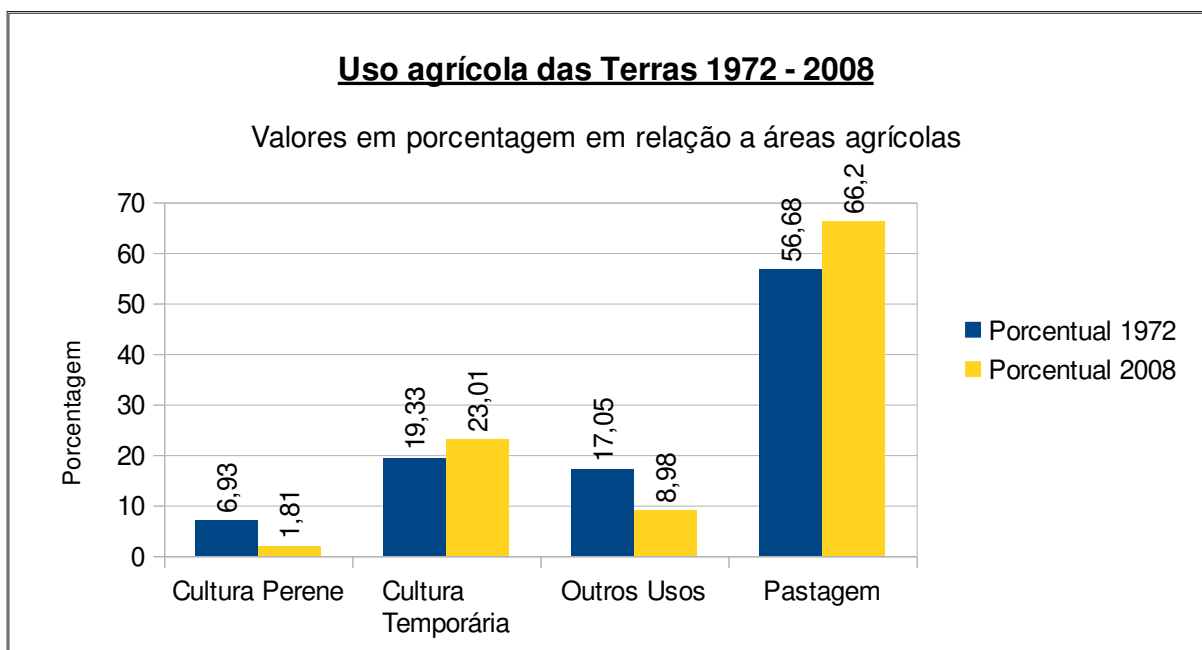


Figura 5.3: Gráfico de porcentagem dos usos agrícolas para a bacia do rio do Peixe.

As variações percentuais para cultura perene foi de diminuição de 73,88% de 1972 para 2008, aumento de 19,03% de cultura temporária, diminuição de outros usos em 47,33%, e aumento de pastagens em 19,79%. Para a classe outros usos englobamos reflorestamento, vegetação natural, cultura complementar, área de descanso, vegetação de brejo e várzea.

Em tabela 5.1 vê-se as variações percentuais de 1972 para 1997 e de 1972 para 2008.

Uso Agrícola das terras	Variação percentual 1972 – 1997	Variação percentual 1972 – 2008
Pastagem	Aumento de 27,46%	Aumento de 19,79%
Cultura Perene	Diminuição de 65,45%	Diminuição de 73,88%
Cultura Temporária	Diminuição de 44,27%	Aumento de 19,03%
Outros Usos	Diminuição de 60,02%	Diminuição de 47,33%

Tabela 5.1: Variação percentual das classes de uso 1972 – 1997 e 1972 – 2008.

Em tabela 5.1 destacamos a diminuição de 44,27% da cultura temporária de 72 para o

ano de 1997 e aumento de 19,03% de 72 para o ano de 2008. As outras classes de uso acompanharam a tendência de diminuição ou aumento, porém mudando as razões percentuais. O aumento da cultura temporária para 2008 se deve ao avanço da cana-de-açúcar nos últimos dez anos, graças a política de incentivo governamental ao desenvolvimento dos carros movidos a gasolina e/ou álcool.

São Paulo (2008) aponta que os principais problemas ambientais causados pela cana de açúcar são poluição difusa dos recursos hídricos superficiais e subterrâneas e solo pelo uso de fertilizantes e agrotóxicos e assoreamento dos rios causados pela aragem durante os períodos de chuvas intensas.

5.2 Rupturas De Declive (Saltos, Cachoeiras E Soleiras)

Avaliação simples em imagens orbitais de alta resolução Google, mostram que no canal do rio do Peixe não há mais os saltos (rupturas de declive) mencionados no relatório da CGG. Isso quer dizer que, atualmente, não existe mais no leito principal do Peixe o salto, a ilha e a corredeira Biguá, salto dos Guachos, salto Quatiara, corredeira da Lage, corredeira Taquaral, ilha do Biguá e corredeira das Conchas.

Em análise visual, a superfície da água pela imagem Google não apresenta qualquer tipo de heterogeneidade/anomalia que poderia evidenciar rupturas como quedas d'água ou corredeiras. Somente encontra-se alteração na seção onde se encontra a usina hidrelétrica Quatiara.

Abaixo recorte de carta elaborada pela Comissão Geográfica e Geológica em 1906 (figura 5.4 e 5.5) constando as rupturas no canal do Peixe. Para encontrar a correspondência espacial dessa com a imagem Google (figura 5.6 e 5.7)³⁰, guiou-se pelas coordenadas lat-long, pelas cotas das curvas de nível e também pela geometria do canal, que embora assumimos que tenha sofrido mudanças, porém não há ponto de tornar o canal irreconhecível³¹.

Em trabalho de campo foi navegado o trecho entre o salto Quatiara e seção transversal E-F (figura 5.4). Não se encontrou na paisagem qualquer anomalia no canal que indicasse rupturas de declive, além disso, analisamos o fundo do leito com remo a cada 500 metros e constatou-se areia como material e não cascalheira, como se descreveu no excerto a seguir.

³⁰ Data da imagem Google 17/06/2011.

³¹ Também leva-se em conta distorções cartográficas que apresentam-se em ambos, imagem Google e Carta CGG.

Esta secção começa logo acima do ribeirão do Taquaral, onde aparece a primeira corredeira que denominámos também com aquelle nome.

O terreno muda inteiramente de constituição; ao leito, até então arenoso, succede um lastro de cascalho, ao mesmo tempo que appareciam, de quando em quando, grandes blocos de granito, formando ilhotas no rio. Desappareceram também os barrancos altos, finalizando suavemente os contrafortes, sem formar barrancos, mas tendo em substituição pequenas praias.

Depois de passarmos tres corredeiras quasi consecutivas, duas das quaes denominámos Taquaral e Biguá, encontramos o rio separado em dois braços, formando uma ilha, no fim da qual deparámos com um salto de 3.50 m de altura que denominámos também de Biguá e com cujo nome já tinhamos denominado aquella ilha.

O rio a montante tem 30 metros de largura e divide-se em duas partes que rodeiam uma ilha formada de um grande bloco de diabase. [...]

Depois da junção das duas aguas, o rio ainda é accidentado por duas cachoeiras, corredeira do Marimbondo e das Conchas, que ficam proximas ao salto. [...]

Depois de vencido este obstaculo, o rio entra em um trecho plano, forrado de cascalho pelo qual segue cerca de 3 kilometros, indo de novo cahir em salto que denominámos de Quatiára e que excede em altura e imponencia ao Biguá. Elle desprende-se em dois caixões de 7.70 m de altura separados um do outro 2.30 metros. Entre os dois saltos existe uma cahoeira de pequena altura. [...]

Depois desses saltos, o rio segue um trecho relativamente manso de 12 kilometros de extensão, bastante semelhante á parte alta. O leito é de areia e o rio volteia por entre paredões de gres até encontrar novo degráu no terreno que o força a dar um salto e que constitue a terceira e ultima quéda da secção. Este salto que denominámos dos Guachos tem 3 metros de altura e é constituído por um degráu de gres duro. Tem a montante uma largura de 135 metros, interrompida com duas ilhas que dividem as suas aguas em quatro partes.

O braço da esquerda é de 65 metros de largura e o da direita 45. O leito, numa extensão de duzentos metros acima do salto, é revestido de grandes blocos de diabase, alternados com gres duro (CGG, 1906).

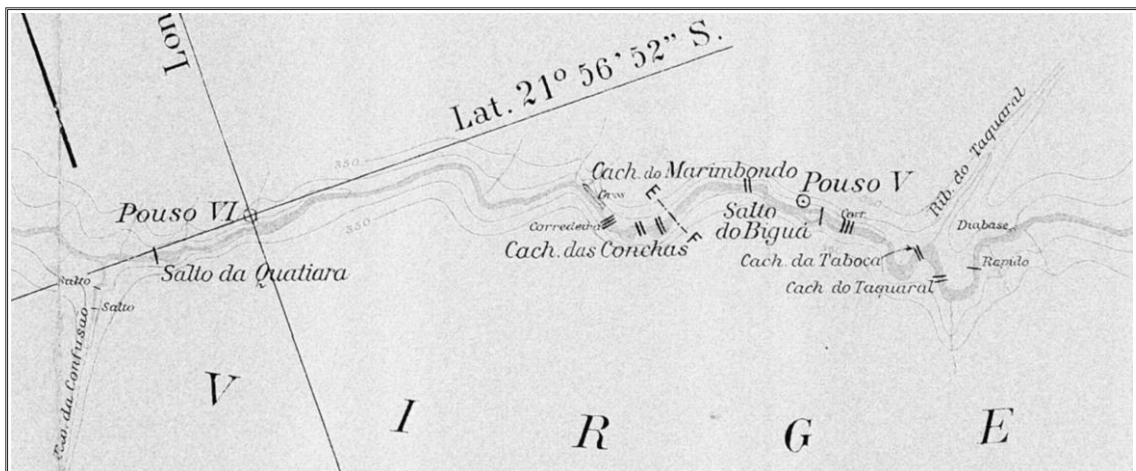


Figura 5.4: Cachoeira (salto) Quatiara, Biguá e corredeiras em recorte de carta CGG 1906 1:50.000.

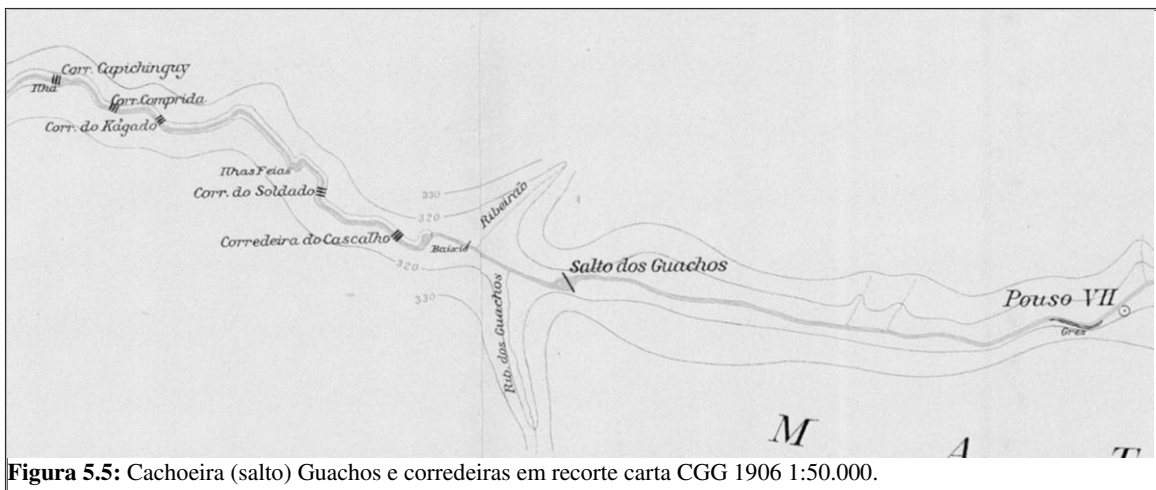


Figura 5.5: Cachoeira (salto) Guachos e corredeiras em recorte carta CGG 1906 1:50.000.



Figura 5.6: Cachoeiras Quatiara, Biguá e corredeiras. Data imagem Google 17/06/2011.



Figura 5.7 Cachoeira (salto) dos Guachos e corredeiras. Data imagem Google 15/06/2011.

Deve-se avaliar mais a fundo as causas desse fenômeno, podendo estar associada ao assoreamento/entulhamento de materiais aluviais ou a mudanças do curso principal, possibilidades não investigadas pela pesquisa.

Uma hipótese levantada atribui tais mudanças ao desmatamento e à construção da Usina Quatiara, construída sob a ruptura de declive de mesmo nome, inaugurada em 1941. Localizada no município de Rancharia, divisa com Parapuã, possui duas turbinas com queda de 10 metros e 12 comportas. Atualmente é gerida por um grupo italiano de energia.

Em trabalho de campo realizado pela pesquisa visitou-se a usina em 21/09/2012 cujo acumulado de chuva nas últimas vinte e quatro horas havia sido de 120mm de acordo com pluviômetro e pluviógrafo, situados na usina e sob responsabilidade do DAEE. Também foi analisado pluviômetros e pluviógrafos (figura 5.8) no município de Presidente Prudente e Marília, os quais constaram 124 e 112mm, respectivamente, resultando em aumento substancial

do nível. De acordo com régua de nível localizada na margem do Peixe na usina Quatiara, em apenas uma hora e meia o nível subiu 13cm.

Tal elevação teve como fator as fortes chuvas e também a contenção das águas pela barragem. Para gerar maior produção de energia, técnicos de PCH³² (pequenas centrais hidrelétricas) costumam deixar o nível do rio subir ao máximo para aumentar a geração hidrelétrica. Entretanto, como na ocasião o nível do Peixe continuou a subir foi, então, necessário abertura às pressas das comportas do vertedouro, gerando significativo aumento de velocidade de fluxo (figura 5.9). Com isso o rio se torna mais erosivo a montante e jusante, carreando materiais de grande porte, como troncos e raízes. Dessa forma, defende-se a hipótese que ao longo dos 70 anos de funcionamento da usina tais rupturas foram entulhadas como ajuste do canal ao novo nível de base.



Figura 5.8: Fotografia de análise em pluviógrafo em Usina Quatiara 21/09/2012.

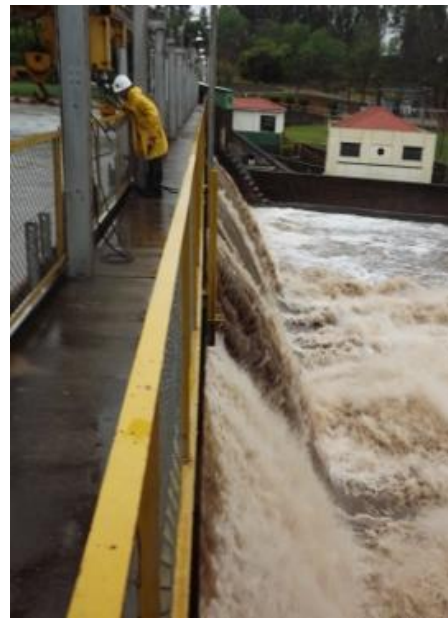


Figura 5.9: Fotografia de abertura de comportas Em Usina Quatiara 21/09/2012.

³² Na ocasião havia um único funcionário para cuidar do funcionamento da usina. Devido a cheia, havia grande acumulo de folhas no fundo, na boca da grade da queda para a turbina, na qual a maquina de rastelo não estava dando conta da retirada. Além disso não havia uma esteira cumprida o suficiente para despejar o material em local adequado, acumulando-se aos montes ao lado da área de serviço. Percebe-se que o funcionário deixou o nível subir ao máximo extremo para aumentar a produção. O mesmo afirmou que a energia vendida é muito barata e que a empresa gestora gasta/investe o mínimo na usina para garantir retorno financeiro. Por isso a tal esteira não tinha comprimento suficiente para destinar o material de fundo em local adequado, pois segundo eles a esteira de 50 metros foi orçada em 14mil reais e alegaram falta de verba.

5.3 Análise De Vazões

Rocha (2009) em análise do regime de fluxos em série histórica de 1940 a 2000, em três postos fluviométricos no rio do Peixe, no alto curso (município de Marília), médio (município de Tupã) e baixo curso (município de Flora Rica), verifica aumento na vazão (tabela 5.2).

Os dados das estações tabulados por Rocha (2009) já apontam aumento significativo na vazão a partir de 1970. De acordo com leitura de tais dados, houve aumento de 49,1%, 52,17%, 43,23%, para o alto, médio e baixo curso, respectivamente.

Vazões médias 1940 – 2000 alto, médio e baixo rio do Peixe				
	Q série	Q antes 1970	Q após 1970	Variação Percentual %
Alto Peixe	7,5	5,9	8,8	49,1
Médio Peixe	30	23	35	52,17
Baixo Peixe	61	49,5	70,9	43,23
Valores em m³/s – Adaptado de Rocha (2009)				

Tabela 5.2: Vazões Médias 1940 – 2000 alto, médio e baixo curso rio do Peixe.

Segundo Rocha (2009):

[...] é reconhecido que o desflorestamento, as práticas de uso da terra agrícola e urbana, a utilização da água do lençol freático para abastecimento e irrigação, além da construção de grandes barramentos para abastecimento e principalmente para geração de energia, somadas, geram um efeito bola-de-neve e tem contribuído para alterações no ciclo hidrológico e conseqüentemente no regime hidrológicos dos rios. Além deste, outros aspectos relacionados à drenagem entram em desequilíbrio, como os ecossistemas terrestres e aquáticos e a dinâmica erosivo-deposicional nas vertentes e nos canais fluviais.

Baseando-se em Drew (1994), Monbeig (1984), Sant’anna Neto (2000), entre outros trabalhos, Rocha (2009) afirma que o desmatamento e o manejo do solo conduzem a intensificação da magnitude do fluxo do rio, assim como o aumento da pluviosidade. Apesar da tendência observada nos dados, o autor ressalta que o aumento na vazão média e suas causas ainda precisa ser analisado em maior nível de detalhe.

Como era de se esperar, tanto em Groppo et. al (2005) como em Rocha (2009) encontram-se valores médios parecidos para as vazões do posto fluviométrico situado no alto curso do Peixe. Para o período 1970- 1997, Groppo et. al (2005) aponta vazão média anual de 8,63m³/s e em Rocha (2009) o valor é de 8,8m³/s. Pequenas diferenças de médias podem ocorrer durante procedimento de preenchimento de dados falhos, ou seja, séries históricas que possuem determinados períodos em branco.

Sabe-se que alterações no regime hidrológico de rios podem ser causados por mudanças no uso das terras e/ou pela alteração da pluviosidade média da bacia hidrográfica. Ressaltamos Sant'anna Neto (2000) que aponta aumento em 10% na pluviosidade média anual dos últimos 100 anos para o estado de São Paulo. Entretanto tais análises necessitam de estudos posteriores de maior detalhe.

Para chegar a tal resultado, analisou-se postos pluviométricos e realizou-se correções baseadas em metodologias para preenchimento de falhas nas tabelas temporais de dados de chuva. Para a área que abrange a bacia do rio do Peixe, o período a partir de 1971 passa a ter as médias anuais entre 1500 a 1800 mm, indicando correlação com os dados apresentados por Rocha (2009) que aponta aumento de vazão para o rio do Peixe a partir de 1970 (Tabela 5.3).

Abrangência	Médias anuais em mm		
Unidade/Período	1901 a 1940	1941 a 1970	1971 a 1993
Serra dos Agudos (alto Peixe)	1.300 a 1.500	1.300 a 1.500	1.500 a 1.800
Alta Sorocabana (médio e baixo curso)	1.100 a 1.300	1.100 a 1.300	1.300 a 1.500

Tabela 5.3: Unidades pluviais propostas por Sant'Anna Netto (2000). Médias anuais para bacia do rio do Peixe em três períodos sugeridos.

Tendo em vista que um dos objetivos propostos dessa pesquisa é refazer as medidas de vazão nos locais e meses semelhantes às medições feitas em 1906, realizou-se gráfico de vazões médias para os meses de Julho, Agosto, Setembro e Outubro (figura 5.10).

De acordo com a figura 5.10 depreende-se que as vazões médias para o período registram aumento, porém tais vazões médias oscilam, como por exemplo o ano de 1956 para os meses de Julho e Agosto, 1976 para Setembro e 1973 para Outubro. Tais médias chegam mesmo a dobrar em relação à linha de tendência. A tabela 5.4 demonstra as médias decenais, nela verifica-se o aumento significativo da década de 70 em relação aos períodos anteriores.

Ano/MES	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
Média anos 40	17,24	14,618	14,634	15,034
Média anos 50	16,35	16,65	15,85	17,25
Média anos 60	14,64	12,76	12,49	19,50
Média anos 70	27,29	22,37	21,09	29,98

Tabela 5.4: Medias decenais em m³/s para o Posto Fluviométrico Tupã-Varpa.

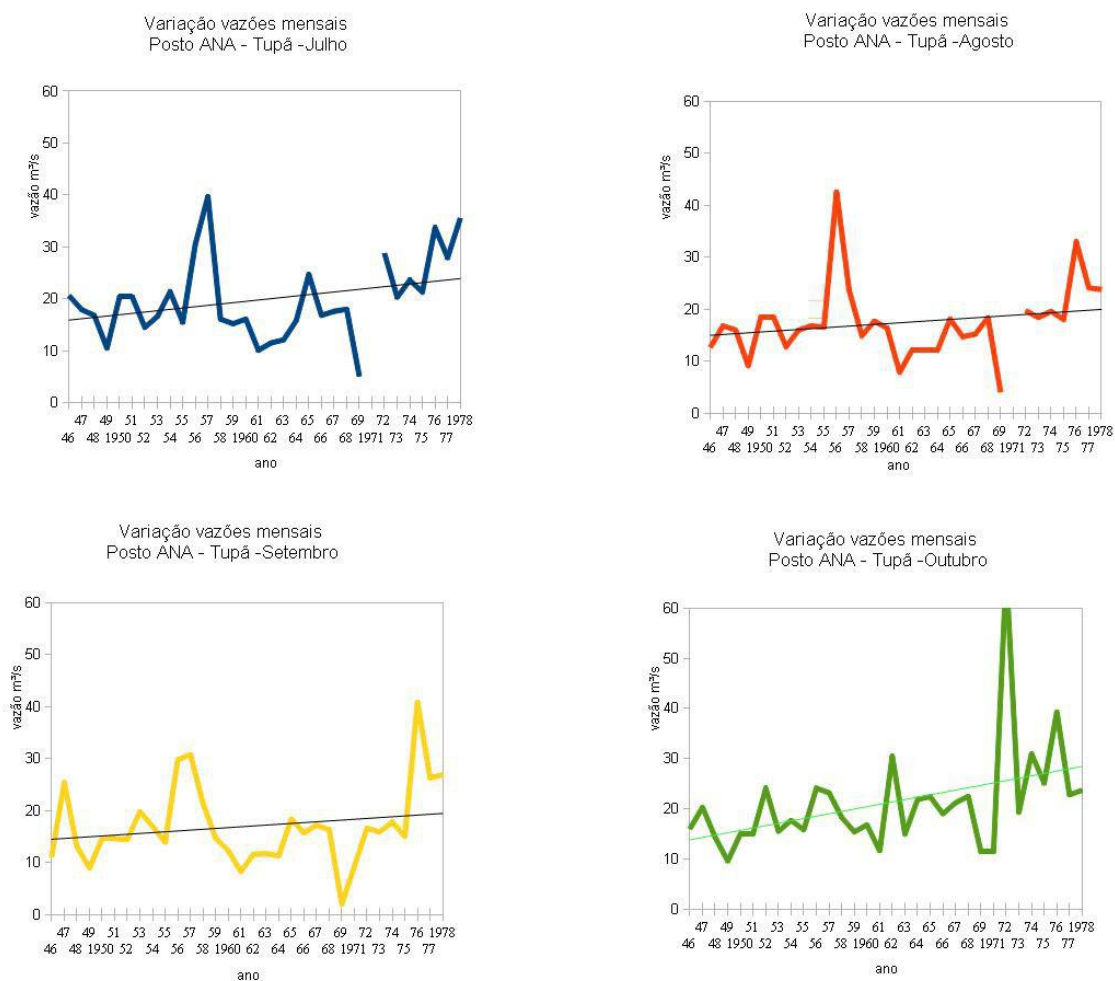


Figura 5.10: Gráfico das vazões médias mensais para o período de 1940 a 1978.

5.3.1 Medições de vazão em campo

Buscando dialogar com as médias de fluxo, assim como comparar dados como medidas de fluxo em relação à expedição de 1906, a presente pesquisa foi a campo realizar medidas de vazão no canal do Peixe. Preocupou-se em manter o período e os locais feitos pela comissão Geográfica e Geológica em 1906.

Devido a característica comparativa de medições feitas no rio do Peixe em 1906 e medições feitas em outubro de 2012, visando análise das transformações ocorridas ao longo desses 106 anos, a pesquisa se calca nas medições, comparações de geometria hidráulica (largura/vazão/profundidade) que dão fundamento a pesquisa.

Essa pesquisa afirma que há aumento de vazão no rio do Peixe, buscando a comprovação através de diversos fatores. Os resultados apresentados no tabela 5.5 apresentam um imenso aumento de vazão. Apesar disso, ressaltamos que dados os dados de fluxo de um rio apresentam flutuações constantes, em horas, dias, meses, anos. Embora tenha sido feita medidas de vazão em um único dia, busca-se associar às médias anuais de vazão e a fatores como chuvas médias e uso das terras e exploração de água subterrânea.

Em campo, encontrou-se as seguintes medidas de vazão³³ (tabela 5.5):

Local	Vazão 1906 m³/s	Vazão 2012 m³/s	Variação percentual
Seção A-B (Tupã–Varpa)	1,58	23,1	1362%
Seção C-D (Bastos – Rancharia)	2,45	24.5	900%
Seção E-F (Usina Quatiara)	2,44	29.4	1104%
Seção G-H (Mariápolis)	3,79	41.8	1002%
Seção I-J (Ribeirão Índios)	5,47	55.7	918%

Tabela 5.5 Comparativo de medidas de vazão 1906 – 2012.

³³ Em relação aos valores obtidos em 1906, procurou-se entender as técnicas empregadas e toda sistemática operacional da expedição, isso explica as diversas visitas ao Arquivo Público do Estado de São Paulo, em busca de aprofundamento das expedições feitas pela CGG.

A baixa vazão encontrada pode ser devido ao efeito La Niña que atuou fortemente naquele ano³⁴, também a que se levar em conta o papel que a vegetação florestal exerce sobre o ciclo hidrológico, em termos de retenção e perdas pela evapotranspiração.

Apesar da ocorrência de chuva mencionada no subcapítulo anterior, constatou-se prolongada seca na bacia do Peixe entre os meses de julho, agosto e setembro. O episódio do dia 20 e 21/09/2012 ocorreu após mais de 60 dias sem chuvas na região. Devido a isso, esperou-se 10 dias para realizarmos as medições de vazão no rio do Peixe, uma vez que, segundo hidrometrista do DAEE, 7 dias após 120mm em 24 a montante da bacia hidrográfica, em relação às seções transversais, o rio volta ao seu nível de fluxo médio.

No que tange a possíveis influências de aumento de vazão devido a exploração de água de aquíferos, Prandi et al (1998) e São Paulo (1997) apontam que a principal fonte de abastecimento público de água para os municípios da bacia do Peixe é proveniente dos aquíferos subterrâneos³⁵, o que afirmam os mesmos, gerar incremento à vazão dos rios na forma de lançamento de efluentes nos canais.

De acordo com empresa de abastecimento de água de Marília³⁶ a captação de água subterrânea para tratamento e uso urbano é da ordem de 3,950 m³/h ou 1,09 m³/s. Esse dado não contabiliza a utilização de águas de poços para uso agrícola de irrigação.

Já o município de Presidente Prudente retira do rio do Peixe cerca de 0,64 m³/s do baixo curso, a partir do qual há somente a seção transversal I-J (município de Ribeirão dos Índios).

Prandi et al (1998) destaca que são 2.900 poços tubulares³⁷ em área rural, 283 poços para abastecimento público e 76 poços urbanos particulares, explorando água dos aquíferos situados nas bacias hidrográficas Aguapeí e Peixe, cuja estimativa atinge o volume de 24,15 m³/s para as duas bacias.

³⁴ Segundo dados de CPTEC – INPE, baseado em RASMUSSEN E CARPENTER (1983), Monthly Weather Review, ROPELEWSKI E HALPERT (1987), Monthly Weather Review. Cold episode sources ROPELEWSKI E HALPERT (1989), Journal of Climate e Climate Diagnostics Bulletin, o ano de 1906 sofreu fenômeno La Niña de forte intensidade. Diversos autores (NERY, 2009; AZEVEDO, 2006), apontam que esse fenômeno tem como principal característica a ocorrência de longas secas na região extremo oeste do estado de São Paulo.

³⁵ As bacias dos rios Aguapeí e Peixe estão inseridas em 4 sistemas aquíferos, Bauru Superior, Bauru Inferior, Basalto e Botucatu, em ordem de menor para maior profundidade Prandi et al (1998).

³⁶ <<http://www.site.daem.com.br/portal/mapas>> acesso em agosto 2012.

³⁷ Baseia-se em dados do Projeto LUPA desenvolvido pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integrada (CATI) e levantamento feito pelo DAEE em 1979.

5.4 Perfil Longitudinal

Segundo Cunha (1994), “o perfil longitudinal de um rio expressa a relação entre seu comprimento e sua altimetria, que significa o gradiente” (p.234). Na presente seção discute-se resultados e aspectos do rio em termos de largura, profundidade, declividade do canal e sinuosidade.

Os perfis a seguir foram feitos com equidistância altimétrica de 20 metros das curvas de nível, buscando melhor parâmetro para se comparar com dados das cartas IBGE 1:50.000. Os dados levantados pela comissão geográfica e geológica³⁸ foram feitos a partir do km 55 do rio do Peixe, pois ingressaram às margens deste a partir do afluente córrego Arrependido.

Em figura 5.11 tem-se o perfil longitudinal de 1906, período em que a bacia hidrográfica rio do Peixe não era impactada pela ocupação da frente de expansão pioneira. As anomalias encontradas na figura 5.11, entre os quilômetros 180 a 210 são decorrentes do contato entre a formação sedimentar Adamantina e formação cristalina Serra Geral, gerando as rupturas, já citadas, Quatiara, Biguá e Guachos. Rupturas de declive representadas em perfil longitudinal em curvas côncavas encontram-se próximas aos quilômetros 100 e 200 e curvas convexas no quilômetro 180. Ressaltamos as formações geológicas que afloram ao longo do perfil longitudinal do rio, segundo IPT (1981). As principais rupturas encontradas em 1906 se devem ao afloramento dos basaltos Serra Geral. Em suas nascentes o rio do Peixe atravessa a formação Marília, que recobre os planaltos escarpados e com topos achatados de Marília e Agudos.

Na figura 5.12 generalizamos os dados altimétricos para equidistância de 20 metros, a fim de assemelhar-se com perfil a partir de dados das cartas topográficas IBGE, as quais também possuem tal equidistância entre as curvas de nível.

³⁸ A equidistância das curvas nas cartas de 1906 é de 10 metros, entretanto no trecho dos “saltos” e “corredeiras” o detalhamento aumenta, chegando a equidistância de 1 metro.

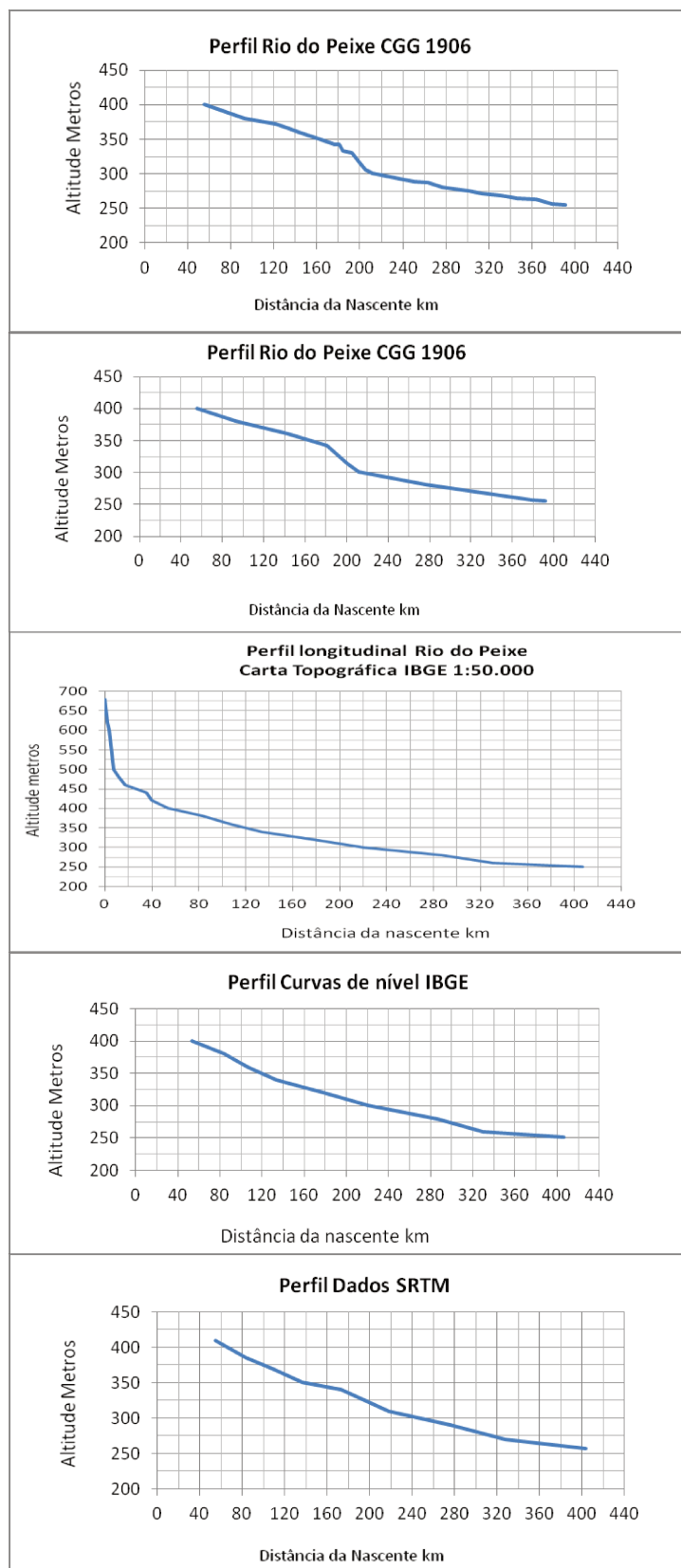


Figura 5.11: Gráfico de perfil longitudinal 1906 em equidistância altimétrica de 10 metros e 5 metros na região das rupturas de declive.

Figura 5.12: Gráfico de perfil longitudinal 1906 em equidistância altimétrica de 20 metros.

Figura 5.13: Gráfico de perfil longitudinal cartas topográficas IBGE de todo canal.

Figura 5.14: Gráfico de perfil longitudinal de Cartas topográficas IBGE a partir do km 53 a contar da nascente mais distante em relação ao exutório.

Figura 5.15: Gráfico de perfil longitudinal SRTM.

Para a realização do perfil longitudinal por meio de modelo digital de terreno (figura 5.15), utilizou-se vetores do canal do rio do Peixe e extraiu-se cota do pixel em local coincidente das curvas de nível das cartas IBGE 1:50.000. As rupturas côncavas encontram-se a 130 e 220 quilômetros jusante da nascente e a ruptura convexa a 340 km.

As figuras 5.13 e 5.14 foram elaboradas por meio de curvímeter em cartas topográficas IBGE 1:50.000, equidistância altimétrica de 20 metros. A primeira apresenta o perfil total do canal, totalizando 408 quilômetros de canal fluvial. Já a segunda é feita sob mesma técnica, porém a partir de quilômetro 53, visando comparação com perfil de 1906.

A última curva de nível apresentada nas cartas IBGE 1:50.000 está na cota 260, sendo que a foz do Peixe não apresenta altimetria exata, segundo tal mapeamento. O perfil 5.15 foi realizado a partir de cota 400 que situa-se a montante do córrego Arrependido, local de início de mapeamento da expedição da CGG, se tratando da curva de nível mais próxima do mesmo. Rupturas em curvas convexas são encontradas próximas ao quilômetro 80 e 280, já rupturas côncavas entre os quilômetros 140, 230 e 320.

O mapeamento de 1906 teve início no quilômetro 55 do canal, tendo como base o mapeamento topográfico IBGE 1:50.000. De acordo com medida cartográfica por curvímeter, o canal do Peixe apresentava em 1906 as seguintes declividades (tabela 5.6):

Os trechos analisados nas tabela 5.6 e 5.7, foram propositalmente próximos às seções transversais medidas em 1906 e em 2012. Em relação aos dados da tabela 5.6 observa-se aumento em 22% de declividade média de 1906 para 1974 . Para obtenção de tal resultado utilizou-se medida de distância de canal por curvímeter diretamente nas cartas 1:50.000 de 1906 e 1974, bem como suas cotas de curvas de nível.

Trecho	Cota absoluta metros	Diferença altimétrica metros	Distância metros	Índice (metros/10 km)
Jusante C-D a montante E-F	350 a 330	20	36000	5,556
Jusante Quatiara até montante G-H	320 a 300	20	27000	7,407
Montante G-H até montante I-J	300 A 280	20	63000	3,175
Média				5,379

Tabela 5.6: Declividade canal Peixe 1906.

Trecho	Cota absoluta	Diferença altimétrica	Distância	Índice (metros/10 km)
F. Quatá até F. O. Cruz IBGE 1974	340 a 320	20	43900	4,556
F. Mariápolis até F. Jaciporã	300 A 280	20	64500	3,101
F. Jaciporã	280 a 260	20	36000	5,556
Média				4,404

Tabela 5.7: Declividade canal Peixe 1974.

As rupturas de declive ao longo do perfil longitudinal são resultado de ajustes realizados pelo canal através do trabalho de erosão e transporte de materiais. Um rio em seu perfeito ajuste é aquele que não erode e não deposita, apenas transporta a carga que chega pelos tributários.

O perfil longitudinal de um rio sofre contínuas flutuações, devido às variações no escoamento e na carga sólida, o que acarreta muitas irregularidades no seu leito como as corredeiras e as depressões. Ao longo do canal, o rio tenta eliminar essas irregularidades, na tentativa de adquirir um perfil longitudinal côncavo e liso, com declividade suficiente para transportar a sua carga. Utiliza, para isso, o mecanismo de erodir, onde a velocidade aumenta e inicia a sedimentação onde há decréscimo de velocidade (CUNHA, 1996, p. 181).

5.4.1 Medidas de largura em seções transversais

Sendo a largura uma variável diretamente ligada à geometria hidráulica, ao perfil longitudinal e à geometria do canal, verifica-se suas mudanças ocorridas em dois momentos, 1906 e 2012³⁹.

As figuras 5.16 e 5.17 são as seções transversais do rio do Peixe em 10-09-1906 e 20-09-2012, respectivamente. O talvegue do canal em 1906 anotou-se 0,55 metros, já em 2012 encontrou-se 1,40 metros. Em ambas anota-se leito arenoso, porém há incremento, de 1906 em relação a 2012, de 62% na largura e 31,8 % na profundidade média⁴⁰.

³⁹ Sabe-se que largura, profundidade, declividade, vazão, carga sedimentar são variáveis no tempo e no espaço, cuja escala de transformação podem ser aferidas em horas, dias, meses, anos, décadas, etc.

⁴⁰ Para o cálculo da profundidade média utilizou-se os dados batimétricos presentes nas figuras 5.18, 5.20, 5.22, 5.24 e 5.26 e aqueles tabulados nos trabalhos de campo de 20/09/2012, 02/10/2012, 03/10/2012 e 04/10/2012.

SECÇÃO NO POUSO 1 A B 10-9-06

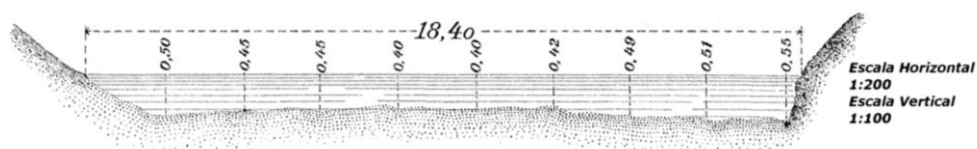


Figura 5.16: Desenho de 1906 de seção transversal A-B.

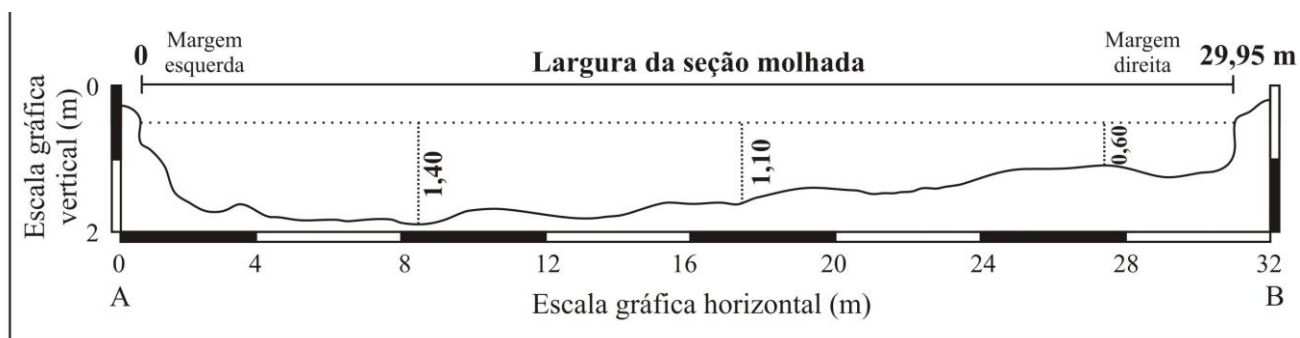


Figura 5.17: Perfil transversal A-B a partir de dados de campo de 20-09-2012.

As figuras 5.18 e 5.19 são as seções transversais do rio do Peixe em 12-09-1906 e 02-10-2012⁴¹, respectivamente. O talvegue do canal em 1906 anotou-se 0,98 metros, já em 2012 encontrou-se 1,73 metros. Em ambas anota-se leito arenoso, porém há incremento de 119% na largura e 40,2% na profundidade média.

⁴¹ Lembramos que houve um hiato de 12 dias nas medições devido a chuva ocorrida, mencionada em seção anterior.

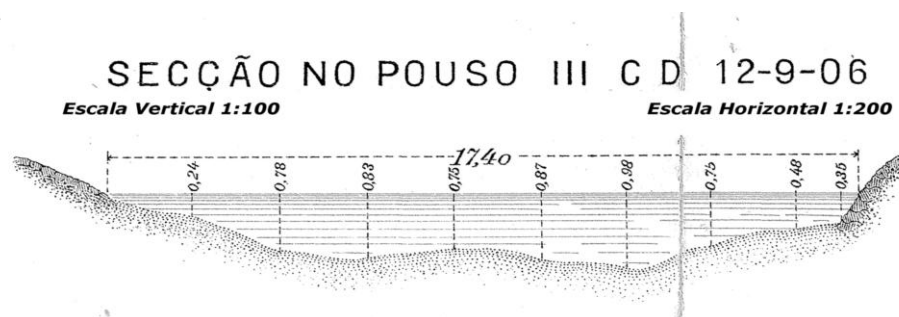


Figura 5.18: Desenho de 1906 de seção transversal C-D.

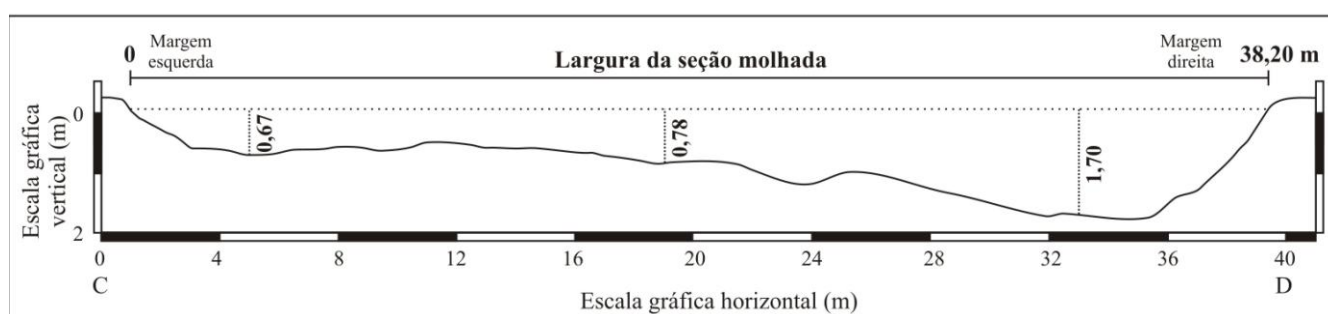


Figura 5.19: Perfil transversal C-D a partir de dados de campo de 02-10-2012.

As figuras 5.20 e 5.21 são as seções transversais do rio do Peixe em 16-09-1906 e 02-10-2012, respectivamente. O talvegue do canal em 1906 anotou-se 1,05 metros, já em 2012 encontrou-se 1,75 metros. Em 1906 o leito compunha-se por cascalhos e em 2012 por areia, se tratando da única seção que há mudança da composição do fundo do leito, há incremento de 87,9% na largura e 21,9% na profundidade média.

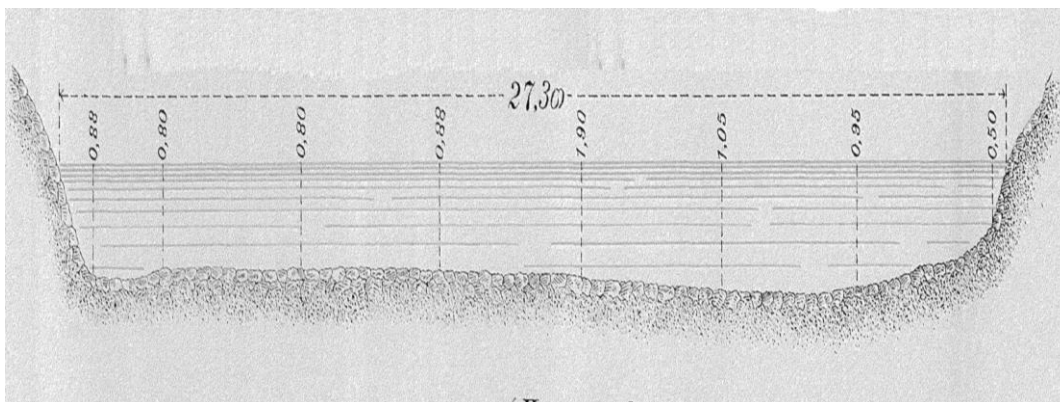


Figura 5.20: Desenho de 1906 de seção transversal E-F.

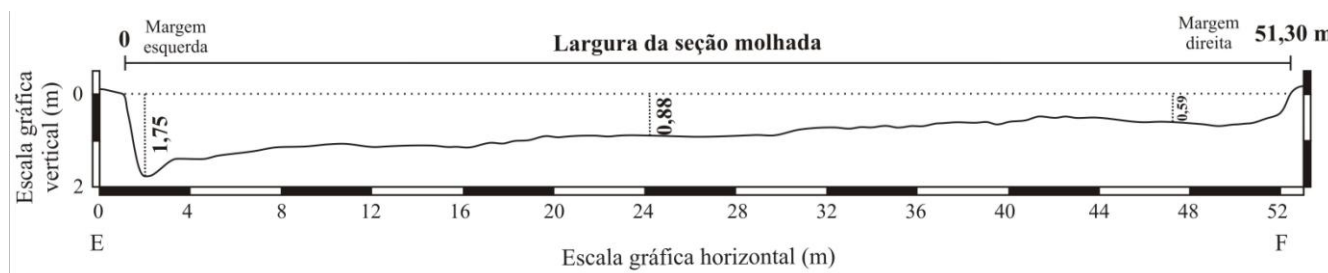


Figura 5.21: Perfil transversal E-F a partir de dados de campo de 02-10-2012.

As figuras 5.22 e 5.23 são as seções transversais do rio do Peixe em 20-09-1906⁴² e 03-10-2012, respectivamente. O talvegue do canal em 1906 anotou-se 1,05 metros, já em 2012 encontrou-se 1,75 metros. Em ambas anota-se leito arenoso, porém há incremento de 110,7% na largura e 76,9% na profundidade média.

⁴² Reconhecemos erro de impressão em do perfil transversal da CGG, pois leitura dos relatórios leva-nos a entender que, do perfil E-F deram prosseguimento a jusante até realizarem o perfil G-H, ou seja 16-09-06 estavam no local montante e 20-09-06 na presente seção. Em olhar mais detalhado observa-se 1,90 em quinta medição, da esquerda para direita, entretanto entendemos se tratar de erro, além do desenho em escala não retratar tal dado, seguindo a lógica do padrão do canal com seus talvegues oscilantes de margem a outra, a cada curva do canal.

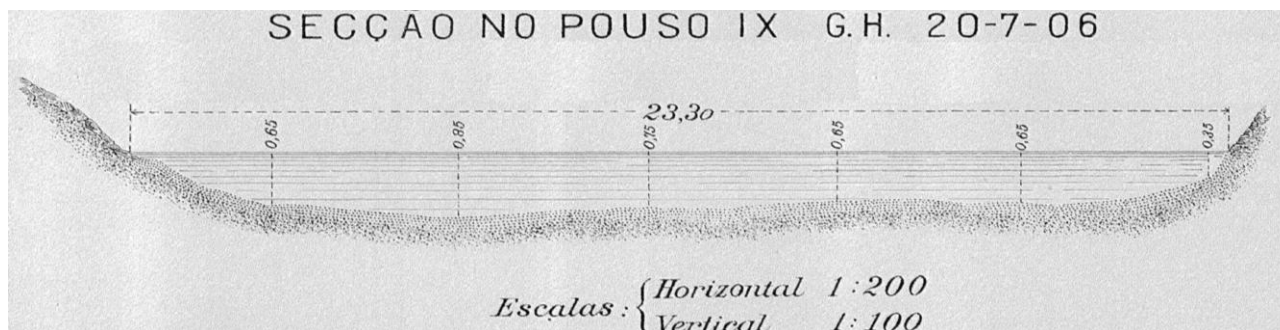


Figura 5.22: Desenho de 1906 de seção transversal G-H.

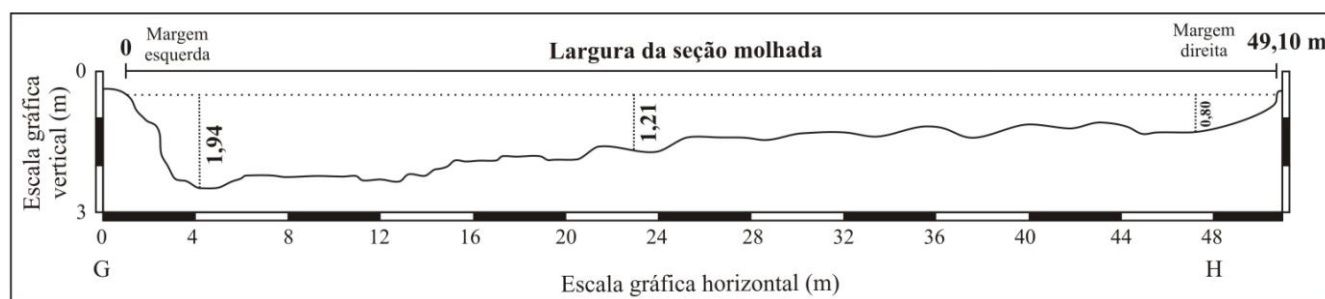


Figura 5.23: Perfil transversal G-H a partir de dados de campo de 03-10-2012.

As figuras 5.24 e 5.25 são as seções transversais do rio do Peixe em 27-09-1906⁴³ e 04-10-2012⁴⁴, respectivamente. O talvegue do canal em 1906 anotou-se 1 metro, já em 2012 encontrou-se 2,81 metros. Em ambas anota-se leito arenoso, porém há incremento de 88,2% na largura e 30,4% na profundidade média⁴⁵.

⁴³ Reconhecemos erro de impressão em do perfil transversal da CGG, pois leitura dos relatórios leva-nos a entender que, do perfil E-F deram prosseguimento a jusante até realizarem o perfil G-H, ou seja 16-09-06 estavam no local montante e 20-09-06 na presente seção.

⁴⁴ Lembramos que houve um hiato de 12 dias nas medições devido a chuva ocorrida, mencionada em seção anterior.

⁴⁵ Para o cálculo da profundidade média utilizou-se os dados batimétricos presentes na figura 4.13 e aqueles tabulados pelo campo de 20/09/2012.

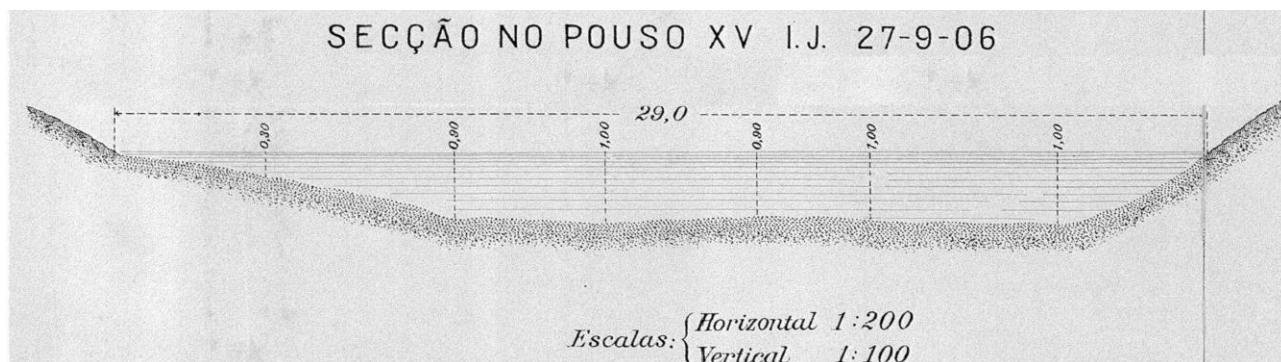


Figura 5.24: Desenho de 1906 de seção transversal I-J.

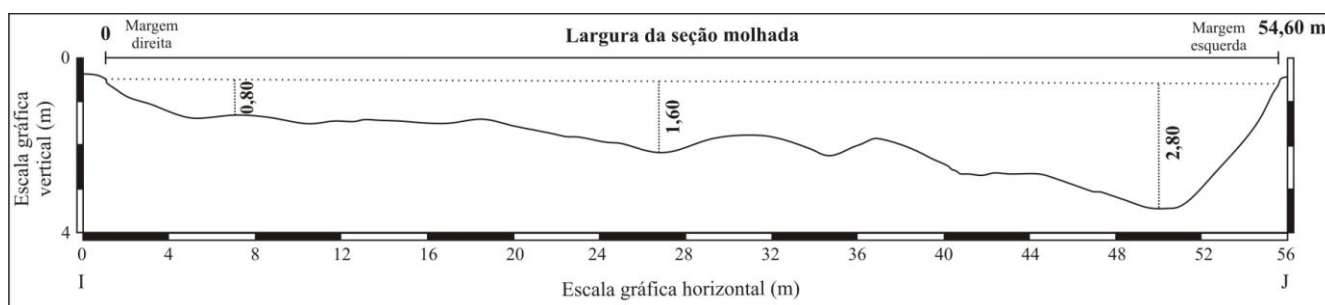


Figura 5.25: Perfil transversal I-J a partir de dados de campo de 04-10-2012.

Tomada cada seção transversal feita em 2012, observa-se aumento na largura ao menos duas vezes superior em relação à profundidade. Isso se deve à maior facilidade do canal em erodir lateralmente e à resistência da rocha para escavação vertical.

Tendo em vista as seguintes larguras levantadas em campo nas cinco seções transversais: **29,95 metros** na seção A-B em Tupã, distrito de Varpa, coordenada 22°05'08,5" 50°32'52,3"; **38,20 metros** na seção C-D, divisa entre Bastas e Rancharia, coordenada 22°00'28,2" 50°44'11"; **51,30 metros** na seção E-F, divisa entre Rancharia, Martinópolis e Parapuã, acerca de 3 quilômetros montante da usina Quatiara, coordenada 21°57'27,4" 50°54'25,9"; **49,10 metros** na seção G-H, divisa entre Caiabu, Mariápolis e Presidente Prudente, coordenada 21°49'46,3" 51°13'04"; **54,60 metros** na seção I-J, divisa entre Ribeirão dos Índios e Dracena, coordenada 21°40'56,4" 51°35'16,9". Com tais dados, utilizou-se software Google Earth para medir largura média 1,5 quilômetros a montante e jusante de cada seção transversal a fim de obter largura média e corrigir erros de deslocamento ao plotar seções de 1906 para mapeamento atual, uma vez que a largura do rio varia constantemente ao longo do perfil longitudinal.

Larguras em metros medidas por Google Earth					
	seção A-B	seção C-D	seção E-F	seção G-H	seção I-J
1,5 km montante	29,4	40	53	52,8	75,1
	45	33,2	41,5	37,2	63,4
	32,4	45,4	44,5	57	55,9
	30,6	43	39,7	52,8	63,8
	32,9	45	44,7	58,6	60
1,5 km jusante	44	43,9	50	52,4	59
	29,1	43,5	48,5	57,7	58,7
	27,5	45,8	48,6	48,6	50
	33,7	35,7	52,8	52,9	49,5
	31,4	43,1	52,3	48	45
Largura média	33,6	41,86	47,56	51,8	58,04
Desvio Padrão	6,05	4,27	4,75	6,23	8,63
Largura campo 2012	29,95	38,2	51,3	49,1	54,6

Tabela 5.8: Medidas de Largura com base em Google Earth⁴⁶

Lopes (2011) utilizou base georreferenciada, na escala 1:2.000 em formato *.dgn* para avaliar linhas, pontos e áreas, bem como seus respectivos posicionamentos comparando aos dados obtidos pelas imagens Google Earth. Em relação às distâncias de linhas, chegou-se à seguinte conclusão:

Na Avaliação de distâncias medidas a partir de linhas interpretadas no Google Earth e linhas interpretadas na base de dados cartográfica, chegou-se a uma média de - 0,56 m e um desvio padrão de 1,1439 m. Analisando a porcentagem de erro calculado em função de uma média ponderada utilizando como parâmetro as distâncias da base cartográfica, chegou-se ao valor médio de 0,44 % de erro (LOPES, 2011).

Entretanto, os autores ressaltam que são comuns deslocamentos entre cenas no Google Earth, as imagens podem ser substituídas do banco de dados a qualquer momento e o posicionamento e erro de cada cena pode mudar, pois são tratadas individualmente pelo banco de dados.

Três medidas do rio do Peixe sob pontes foram realizadas em campo, a fim de aferir com dados de distância das imagens Google Earth. Tomou-se a preocupação em realizar medição com trena e sob pontes, uma vez que essas são mais fáceis de serem reconhecidas na imagem. Sob a ponte sob o rio do Peixe no distrito de Varpa, município de Tupã, encontrou-se 34,6 metros com a

⁴⁶ Data das imagens Google Earth: seção A-B 13/09/2011, seção C-D 18/06/2011, seção E-F 05/05/2011, seção G-H 15/06/2011, seção I-J 04/06/2011.

trena e 34,8 com a medida de linha Google Earth. Na ponte sob o rio do Peixe entre Bastos e Rancharia, 63,8 metros com trena e 66,3 com medida de linha Google. Na ponte sob o rio do Peixe entre Caiabu e Mariópolis, 40,44 metros com trena e 43,44 com medida de linha Google.

Não foi calculado margem de erro sob os valores acima uma vez que pequenos erros, na ordem de centímetros puderam ocorrer na medida com a trena sob ponte e erros na ordem de metro puderam ocorrer devido a falha de interpretação da imagem. Todavia tais erros, não ocultam a grande correspondência das imagens da área de pesquisa com o terreno.

Por fim, averiguamos larguras pelo Google Earth em 3 seções citadas ao longo do texto de Gentil de Moura (CGG, 1913), de acordo com tabela 5.9.

Trecho do canal	Coordenadas	Largura em metros 1906	Largura em metros 2010 ⁴⁷
Confluência com ribeirão Arrependido – município de Marília	22°18'55"S 50°01'20"W	10	17
Confluência com ribeirão Panela – divisa de Lutécia e Pompéia	22°13'21"S 50°14'59"W	11	23
Acampamento Margem do rio do Peixe – divisa de Quintana e Borá	22° 9'16"S 50°28'54"W	14	27
Barra do rio do Peixe – município de Panorama	21°31'43"S 51°57'55"W	18	Barra afogada

Tabela 5.9: Larguras rio do peixe 1906 e imagem Google Earth.

Em termos de profundidade, apontam variações, porém não ultrapassando 2 metros de profundidade, com média de 0.40 em toda sua extensão (CGG, 1913, p.4). Entretanto há que se ressaltar que as medições foram feitas durante a época de estiagem entre maio a agosto de 1906⁴⁸, tendo em vista que o clima da região caracteriza-se por verões chuvosos e invernos secos.

⁴⁷ O valor da medida foi obtido pelo software Google Earth para estipulação da diferença de largura entre os períodos. De acordo com Lopes (2011) medidas de distância pelo software possuem erro de aproximadamente 0,44 metros para a região do município de Barbacena (MG).

⁴⁸ Segundo dados de CPTEC – INPE, baseado em RASMUSSEN E CARPENTER (1983), **Monthly Weather Review**, ROPELEWSKI E HALPERT (1987), **Monthly Weather Review**. Cold episode sources ROPELEWSKI E HALPERT (1989), **Journal of Climate e Climate Diagnostics Bulletin**, o ano de 1906 sofreu fenômeno Lã Nina de forte intensidade. Diversos autores (NERY, , 2009; AZEVEDO, , 2006), esse fenômeno tem como principal característica a ocorrência de longas secas secas na região extremo oeste do estado de São Paulo.

De acordo com descrição de 1906, até o acampamento Margem do Rio Do Peixe a largura média é de 10 metros por uma de profundidade que varia em alguns trechos de 0.20 a 0.40 e o leito é composto por areia e as margens em paredões de arenito (CGG, 1913, p.4).

5.4.2 Medidas de sinuosidade do canal

A tabela 5.10 aponta valores de sinuosidade, de acordo com cartas CGG 1906 e IBGE 1974, ambas em 1:50.000. Constatou-se 1906 como canal mais sinuoso com 1,73 de índice em relação a 1974 com 1,57. Valores mais altos indicam que o canal possui comprimentos maiores em relação à reta projetada, indicando maior sinuosidade.

Entretanto ressalta-se que tais dados são incipientes devido a problemas de distorções geométricas nas cartas de 1906

CARTA CGG 1906 1:50.000									
Folha	Medição 1 metros	Medição 2	Medição 3	Medição 4	Média metros	Projeção metros	Índice de sinuosidade	tipo de canal	Porcentual
III	33000	33000	33500	34200	33425	18650	1,79	meandrante	10,32
IV	51100	49500	50300	54000	51225	40750	1,26	meandrante	15,81
V	37500	36000	35000	35500	36000	30000	1,20	retilíneo	11,11
VI	68300	67500	66500	67000	67325	39650	1,70	meandrante	20,78
VII – A	41000	40000	40800	38500	40075	21600	1,86	meandrante	12,37
VII – B	93200	96800	97600		95867	36900	2,60	meandrante	29,60
Média							1,73		
Comprimento do canal em metros					323917				100,00
CARTA IBGE 1974 1:50.000									
Folha									
Exaporã	24801	24801	24801	24801	24801	16800	1,48	meandrante	6,88
Rancharia	4000	4000	4000	4000	4000	3800	1,05	retilíneo	1,11
Pompéia	12500	12500	12500	12500	12500	8900	1,40	meandrante	3,47
Herculândia	35900	35900	35900	35900	35900	27450	1,31	retilíneo	9,96
Quatã	37300	37300	37300	37300	37300	34800	1,07	retilíneo	10,35
Mariápolis	45000	45000	45000	45000	45000	29900	1,51	meandrante	12,49
Osvaldo Cruz	28000	28000	28000	28000	28000	23850	1,17	retilíneo	7,77
Adamantina	4900	4900	4900	4900	4900	2650	1,85	meandrante	1,36
Junq. + Marcond		38500	38500	38500	38500	26250	1,47	meandrante	10,68
Jaciporã	70000	70000	70000	70000	70000	28300	2,47	meandrante	19,42
Foz Peixe	59500	59500	59500	59500	59500	24100	2,47	meandrante	16,51
Média							1,57		
Comprimento do canal em metros					360401				100,00

Tabela 5.10: Índice de Sinuosidade 1906 – 1974.

Em detrimento de mudanças sistêmicas nas variáveis que compõem o equilíbrio fluvial, identificamos diminuição da sinuosidade de 1,73 para 1,57 e diminuição da declividade média, de 5,379 para 4,404 metros de desnível a cada 10 quilômetros.

6. CONSIDRAÇÕES FINAIS

Ao analisar as mudanças no uso e ocupação das terras de 1906 para a última década, observa-se, principalmente, queda significativa nas matas nativas para tornarem-se áreas agrícolas e urbanas. Conclui-se que tais mudanças irão gerar influência significativa no escoamento superficial, principalmente devido a impermeabilização do solo por áreas urbanas, aragem de terras agrícolas e manejo inadequado do solo agrícola. Ressalta-se o incremento de volume de água na bacia à exploração de águas dos aquíferos regionais a fim de abastecimento doméstico urbano e abastecimento agrícola.

Com base nas cartas de 1906 e imagens Google Earth, conclui-se que houve desaparecimento de saltos, cachoeiras e soleiras desde 1906. Atribui-se a tal fenômeno a construção da PCH Quatiara que desde 1938 altera a dinâmica do canal ao mudar o nível de base local e velocidade de fluxo ao impor barramento transversal no canal. Isso pode ter contribuído para o entulhamento dos saltos a montante e a jusante, pois com a necessidade de maior geração de energia, segurando ao máximo o nível da água em períodos chuvosos e abrindo bruscamente as comportas, quando não mais possível o armazenamento a montante da barragem, a dinâmica erosiva e sedimentar no canal são intensificados.

Com base nas medidas de vazão em campo e dados históricos tanto da CGG de 1906 como DAEE a partir de 1940 a 1980, encontrou-se aumento de vazão em relação a cada seção transversal. Os valores de aumento de vazão são expressivos, cerca de 1000% de aumento. Tais resultados estão de acordo com estudos que apontam aumento de produção de água quando há aumento de escoamento superficial pela retirada da cobertura vegetal natural.

O aumento de 10% da precipitação na bacia, conforme estudos mencionados, pode ser insatisfatório para explicar o aumento da vazão, uma vez que necessita detalhamento da distribuição espacial e temporal das chuvas ao longo do ano. Entretanto a incorporação de matéria no sistema por meio de poços tubulares de exploração de aquíferos, associados ao aumento do escoamento superficial causado pelas mudanças no uso e ocupação das terras pode-se inferi-los como agentes causadores do aumento de vazão e fluxo do canal principal.

O aumento na vazão é indissociável aos dados de profundidade, largura e fluxo do canal, dos quais encontrou-se aumento significativo para todas seções transversais. Na seção A-B, aumento de 62% na largura e 31,8 % na profundidade média, seção C-D 119% na largura e 40,2% na profundidade média, seção E-F 87,9% de aumento na largura e 21,9% de aumento na

profundidade, seção G-H 110,7% e 76,9% e seção I-J 88,2% e 30,4.

Mudanças ao longo do perfil longitudinal foram encontradas, no que a suavização do gráfico de perfil e declividade média do canal. As mudanças são creditadas ao entulhamento de rupturas fenômeno atribuído à construção da PCH Quatiara e também às mudanças do uso e ocupação das terras que geram maior escoamento superficial e aumento de processos erosivos, os quais interferem em todos parâmetros de geometria hidráulica.

Por fim, os dados de sinuosidade em consonância aos apontamentos acerca das mudanças no uso das Terras, declividade média do canal, largura, profundidade e fluxo, conclui-se que tais mudanças são oriundas de ajustes na geometria hidráulica do canal em busca de novo equilíbrio dinâmico. Uma vez que modelos apontam relação entre aumento de declividade e diminuição de sinuosidade, gerando maior energia no fluxo e retificação do canal, podemos concluir o canal encontra-se em processo de retificação e portanto a constância atual dos processos naturais permitem considerar que o canal fluvial ainda não se encontra em equilíbrio dinâmico.

Tendo em vista o discurso ambiental em voga nos meios de comunicação de massa, currículos educacionais secundário e superior, é importante maior esclarecimento a respeito de temas massivamente tratados, como, por exemplo, assoreamento e desmatamento. Ambos fenômenos não implicam necessariamente em diminuição de vazões médias. É preciso estar atento a respeito de noções equivocadas que se proliferam no senso comum e, muitas vezes, acabam por fomentar políticas públicas ineficazes nos poderes municipais, estaduais e federal.

Com os valores encontrados, aumento em dez vezes da vazão média atual em relação a 1906 e mudanças no uso e ocupação das terras, ressaltamos a necessidade de trabalhos futuros que aprofundem da relação entre aumento da vazão e uso das terras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico**. Caderno de Ciência da Terra, 13. São Paulo: IGEOG/USP, 1971. 27p.

BOIN, M.N. **Chuvas e erosões no Oeste Paulista: uma análise climatológica aplicada**. Rio Claro, 2000. 264 p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

CARVALHO, T.M. **Técnicas de medição de vazão por meio convencionais e não convencionais**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 1, n.1, p. 73-85, Recife, Universidade Federal do Pernambuco, 2008. Disponível em <<http://www.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/issue/view/2>> acesso em outubro 2012.

CHIARINI, J.V. . **Uso atual das terras do Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1976. p. 1-35 (Boletim técnico, 37).

CHRISTOFOLETTI, A; **Análise morfométrica das bacias hidrográficas**. Campinas. Notícia Geomorfológica. v.9, n.18, p.35-64, 1969.

_____. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 2ª edição, 1980.

_____. **Análise de sistemas em geografia**. São Paulo: Hucitec/Edusp, 1979.

_____. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher, 1981.

_____. **A significância da Teoria de Sistemas em Geografia Física**. Boletim de Geografia Teorética 16-17, Encontro de Geógrafos da América Latina. Rio Claro, 1986.

_____. **A inserção da Geografia Física na política de desenvolvimento sustentável**. Geografia, 18(1): 1-22, 1993.

COMISSÃO GEOGRAPHICA E GEOLOGICA. - **Exploração do rio do Peixe**. São Paulo: Brazil de Rothschild, 2ª ed., 1913 vi + 16 p. : il. + mapas.

COMISSÃO GEOGRÁFICA E GEOLÓGICA. **Exploração do rio Tietê: barra do rio Jacaré Guassú ao rio Paraná**. São Paulo, 3ª ed., 1930, 18p. mapas e fotos.

COMISSÃO GEOGRÁFICA E GEOLÓGICA. **Exploração do rio Paraná: I. Barra do rio Tietê ao rio Parnahyba; II Barra do rio Tietê ao rio Paranapanema**. São Paulo, 2ª ed., 1911, 24p. mapas e fotos.

CUNHA, S. B. **Geomorfologia fluvial**. In: CUNHA, S. B. (Org.) ; GUERRA, Antônio José Teixeira (Org.) . Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. v. 1. 343p .

DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. Bertrand Brasil. 3a. ed. Rio de Janeiro: 1994.

FARRAN, Neide Lima e CINTRA, Jorge Pimentel. **O primeiro mapeamento sistemático do Brasil: significado e construção**. Escola Politécnica, USP, Departamento de Engenharia de Transportes –Cartografia, 2003. Disponível em < http://www.cartografia.org.br/xxi_cbc/160-C32.pdf >, acesso em 13 de outubro 2012.

FIGUEIRÔA, Sílvia F. de M. **Modernos bandeirantes: a Comissão Geográfica e Geológica de São Paulo e a exploração científica do território paulista (1886-1931)**. São Paulo, 1987. 162 p. Dissertação de Mestrado em História da Ciência (FFLCH), Universidade de São Paulo.

GREGORY, K. J. **A natureza da geografia física**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1992.

GROPPO, J. et. al. **Análise de séries temporais de vazão e precipitação em algumas bacias do Estado de São Paulo com diferentes graus de intervenções antrópicas**. Geociências, Unesp, Rio Claro, v.24, n.2, p. 181-193, 2005.

IPT. Divisão de Minas e Geologia Aplicada do IPT. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT 1981. Escala 1:500.000.

LEFVRE, Valdemar. **Breve notícia sobre a Comissão Geográfica e Geológica, ao transcurso de seu LXXX aniversário**. Revista do Instituto Geográfico e Geológico, v. 18, n.1, pp. 3-31, jan/mar 1966.

LINHARES, C.A. **Influência do desflorestamento na dinâmica da resposta hidrológica na Bacia do Rio Ji-Paraná/RO**. Tese de Doutorado. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Especiais (INPE),2005).

LOPES, E. E.; Nogueira, R. E. **Proposta Metodológica para validação de imagens de alta resolução do Google Earth para produção de mapas**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba, 2011. Anais: São José dos Campos: INPE, 2011.

MONBEIG, P. **Pioneiros e Fazendeiros de São Paulo**. São Paulo: editora Hucitec, 1984. 392p.

MEZZALIRA, Sérgio. **Medalhas conferidas ao Instituto Geográfico e Geológico e aos seus técnicos**. Revista do Instituto Geográfico e Geológico, v.19, n. único, pp. 15-25, jan/dez 1967.

PONÇANO, W.L. . **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1981. 94p.

PONÇANO, W.L. ; SALOMÃO, F.X. de T.; KERTZMAN, F.F. ; IWASA, O.Y., **Discriminação de áreas com diferentes suscetibilidades à erosão por boçorocas e ravinas na Bacia do Peixe-Paranapanema, SP**. In: Congresso Brasileiro De Geologia De Engenharia, 5º, São Paulo, 1987. Anais. São Paulo: ABGE, p. 423-429.

PRANDI, Emilio Carlos.; POLEGATO, J. C.; FILHO, J. A.; SABBAG, E. G.; LOBO, G. A.; **Águas subterrâneas: fonte de abastecimento para a área do comitê dos rios Aguapeí e Peixe**. Revista Águas Subterrâneas. SUPLEMENTO – X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. São Paulo - SP, 9 a 11 de setembro, 1998. Acesso em outubro de 2012: <<http://aguassubterraneas.emnuvens.com.br/asubterraneas/issue/view/1188>>

QUEIROZ NETO, J. P. **Solos e relevo no alto vale do rio do peixe – Oscar Bressane (São Paulo – Brasil)**. Revista do Departamento de Geografia. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo. Volume 7, 1994, pp. 25-34.

- ROCHA, Paulo Cesar. **O regime de fluxo dos rios aguapeí e peixe, bacia do alto paraná/brasil: altera es e formas de impacto**. Anais do Encontro de Geógrafos da América Latina, Montevideú 2009. Disponível em: <www.egal2009.easyplanners.info>
- ROSS, Jurandyr. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000**. Universidade de São Paulo - Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, 1997.
- SÃO PAULO. Comit s de Bacias Hidrográficas Aguapeí – Peixe. **Relatório de situação dos recursos hídricos**. CBH AP, São Paulo, 1997.
- SALLUN, A. E. M; SUGUIO, K. **Geoprocessamento na análise morfoestrutural da região entre Marília e Presidente Prudente (SP)**. Sociedade & Natureza, Uberlândia, 21 (1): 85-96, (abr 2009).
- SANTANA, M. A; QUEIROZ NETO, J. P. **Fatores responsáveis pela sensibilidade   erosão linear em Marília**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, v.9, 1995, PP. 21-33.
- SANT'ANNA NETO, J. L. **As chuvas no estado de São Paulo: a variabilidade pluvial nos últimos 100 anos**. IN: SANT'ANNA NETO, J. L., ZAVATINI, J.A. Variabilidade e Mudanças Climáticas: implicações ambientais e socioecon micas. Maringá:EDUEM, 2000, p.95-119.
- SERRA FILHO, R.; CAVALLI, A. C.; GUILIAMMON, J. R. & outros. **Levantamento da cobertura vegetal natural e do reflorestamento no Estado de São Paulo**. São Paulo, Instituto Florestal, 1974. (Bol. Téc. N  11).
- SOTCHAVA, V. B. **O estudo de geossistemas**. São Paulo: IGEO/USP, 1977. 49p.
- SUDO, H. **A problemática da erosão em solos derivados do arenito Bauru na região extremo oeste do Estado de São Paulo**. In: I Simpósio sobre Controle de Erosão, São Paulo, 1981, v. 2.
- SUGUIO, K. **Mudanças ambientais da terra**. 1. ed. São Paulo: Instituto Geológico e Secretaria de Estado do Meio Ambiente (2008).
- TROPPEMAIR, Helmut. **Geossistemas e geossistemas paulistas**. Rio Claro, 2000.
- TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. **Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 2, n.1, jan/jun 1997, p. 135-152. Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=57>> acesso em outubro de 2012.
- ZANCOPÉ, M. H. **Análise morfodinâmica do Rio Mogi Guaçu**. Tese de Doutorado. Campinas, SP : [s.n.], 2008.

BIBLIOGRAFIA

ANDRADE, L. ROCHA, Paulo Cesar. **Estudo comparativo das vazões dos rios aguapeí e peixe.** Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista 7.2 (2012).

BOSCH, J.M.; HEWLETT, J.D. **A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration.** Journal of Hydrology, 1982, n.55, p.2-23.

BRUIJNZEEL, L.A. **Hydrology of moist tropical forests and effects of conversion: a state of knowledge.** Review. IHP. IAHS. UNESCO, 1990, 224p.

BRUIJNZEEL, L.A. **Predicting the hydrological impacts of tropical forest conversion: The need for integrated research.** Capítulo 2 de “Amazonian Deforestation and Climate” Eds: Gash J H C, Nobre C A, Roberts J M e Victoria R L John Wiley & Co: Chichester, Inglaterra, 1996.

CARVALHO A. 1976. **Solos da região de Marília: relações entre a pedogênese e a evolução do relevo.** Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo, São Paulo, 163 p.

CHORLEY, R. J. **Geomorphology and general system theory.** U.S. Geological Survey Professional Paper, v. 500–B, p. 1-10, 1962.

COBRA, Amador Nogueira. **Em um recanto do sertão paulista.** São Paulo: Hennies, 1923.

COELHO NETTO, Ana L. **Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia.** In: Geomorfologia: Uma atualização de Conceitos e Bases. GUERRA, A; CUNHA, S. B. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.

ETCHEBEHERE, Mario Lincoln; SAAD, Antonio Roberto. **Fácies e associações de fácies em depósitos neoquaternários de terraço na Bacia do Rio do Peixe, região ocidental paulista.** UNESP Geociências, v. 22, n. 1, p. 5-16, 2003.

ETCHEBEHERE, Mario Lincoln de Carlos; SAAD, Antonio Roberto; CASADO, Fabio Costa. **Análise morfoestrutural aplicada no vale do rio do peixe (sp): uma contribuição ao estudo da neotectônica e da morfogênese do planalto ocidental paulista.** Revista Geociências-UnG, v. 4, n. 1, p. 45-62, 2006.

ETCHEBEHERE, Mario Lincoln et al. **Aplicação do índice "relação declividade-extensão-rde" na bacia do rio do peixe (sp) para detecção de deformações neotectônicas.** Geologia USP. Série Científica, v. 4, n. 2, p. 43-56, 2004.

GUERRA, A.T.; GUERRA, A.J.T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico.** 3.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 652 p.

GUETTER, Alexandre K. **Associação entre a vazão no Rio Paraná e o el niño.** Tópicos em Hidrometeorologia no Brasil. (CD-ROM), 1998.

HACK, J. T. **Studies of longitudinal stream profiles in Virginia and Maryland.** U.S. Geological Survey Professional Paper, v. 294–B, 1957.

_____. **Interpretation of erosional topography in humid temperate regions.** American Journal of Science, v. 258–A, p. 80-97, 1960.

_____. **Dynamic basis of Geomorphology.** The Geological Society of America Bulletin, v. 63, p. 923-938, 1952.

HSIA e KOH. **Water yield resulting from clearcutting a small hardwood basin in central Taiwan.** In: Hydrology of Humid Tropical Regions, Keller, R. (ed.) IAHS publication n.140, 1983, p. 215-220.

LAL, R. **Deforestation of tropical rainforest and hydrological problems.** In: Tropical Agricultural Hydrology, R. Lal e E. W. Russell (eds.) J. Wiley, New York, , 1981, p. 131-140.

LAWSON, T.L.; LAL, R.; ODURO-AFRIYE, K. **Rainfall redistribution and microclimatic changes over a cleared watershed.** In: Tropical Agricultural Hydrology, R. Lai & . W. Russell (eds) J. Wiley, New York, 1981, p. 141-151.

LEFEVRE, Valdemar. **LXIV Aniversário de criação dos Serviços Geográficos e Geológicos de São Paulo.** Revista do Instituto Geográfico e Geológico, v.8, n.1, pp. 23-41, jan/mar 1950.

LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G.; MILLER, J. P. **Fluvial process in geomorphology.** San Francisco: W. H. Freedman & Co., 1964. 522 p. (Books in Geology).

MADDUMA BANDARA, C.M.; KURUPPUARACHI, T.A. **Land use change and hydrological trends in the upper Mahaweli basin.** Paper presented at the Workshop on Hydrology of Natural and Man-made Forests in the Hill Country of Sri Lanka, Kandy, 1998, outubro, 18p.

MATTOS, Sérgio Henrique Vannucchi Lemes de; PEREZ FILHO, Archimedes. **Complexidade e estabilidade em sistemas geomorfológicos: uma introdução ao tema.** Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 5, n. 1, 2010.

NERY, J. . **Análise da Precipitação Pluvial na Bacia do Paranapanema.** Revista Brasileira de Climatologia, v.5, 2009, São Paulo – ABClima.

NEWERLA, Vivian Branco. **Rios vistos e revistos: as expedições de exploração do sertão da comissão Geográfica e Geológica na história da ciência e ensino de ciências naturais.** Dissertação, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2000.

PEREZ FILHO, A.; CHRISTOFOLETTI, A. Relacionamento entre ordem e largura de planície de inundação em bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. 17, n. 34, p. 112-119, 1977.

QUEIROZ NETO, J.P. & JORNAUX, A. (Coords.). **Carta de formações superficiais do vale do Rio do Peixe em Marília, SP.** Sedimentologia e Pedologia. São Paulo: Instituto de Geografia, USP, v. 11, p. 1-18, 1978 (b).

ROCHA, Paulo Cesar, ROCHA, Renata Ribeiro Araújo. **A variabilidade hidrológica dos rios Aguapeí e Peixe, bacia do alto Paraná – Brasil.** *Fórum Ambiental da Alta Paulista*. V. III, 2007. Periódico eletrônico, ISSN 1980-0827. Disponível em:
<<http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum>>

ROCHA, Paulo Cesar et al. Indicadores de alteração hidrológica no Alto Rio Paraná: intervenções humanas e implicações na dinâmica do ambiente fluvial. *Revista Sociedade & Natureza*. ISSN, v. 1982, p. 4513, 2010.

SALLUN, A.E.M. & SUGUIO, K. **Depósitos quaternários da região entre Marília e Presidente Prudente (SP)**. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 36, n. 3, p. 385-395, 2006.

Schröder, Rudolf. **Distribuição e curso anual das precipitações no Estado de São Paulo**. *Bragantia* (1956): 193-249.

Silva, L. A., and N. R. X. Nazareno. **Análise do padrão de exatidão cartográfica da imagem do Google Earth tendo como área de estudo a imagem da cidade de Goiânia**. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR) 14* (2009): 1723-1730.

STRAHLER, A. N. Equilibrium theory of erosional slopes approached by frequency distribution analysis. *American Journal of Science*, v. 248, n. 10, p. 673-696, 1950.

TRICART, J. **Os tipos de leitos fluviais**. *Not. Geomorfológico*. Campinas, v. 6, n. 11, p. 41-49, 1966.

_____. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE/Supren., 1977.

ZAVATINI, J.A., 1998. **Anos Secos e Anos Chuvosos na Bacia do Paraná**. IX Encontro Sul-Mato-Grossense de Geógrafos. Três Lagoas-MS.

SÍTIOS – INTERNET

<http://www2.ana.gov.br>

<http://www.comiteap.sp.gov.br/>

<http://www.cnpm.embrapa.br/>

<http://www.dae.sp.gov.br/>

<http://www.hidroweb.ana.gov.br>

<http://www.igc.sp.gov.br>

http://www.ige.unicamp.br/~lrdg/peixe/a_expedicao.html

<http://www.sigrh.sp.gov.br>