

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS**

**CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITO DO MANEJO NA QUALIDADE DO SOLO  
E DA ÁGUA EM MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS,  
BATATAIS, SP.**

**Marcelo Zanata**

Engenheiro Agrônomo

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Teresa Cristina Tarlé Pissarra

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP – Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Dezembro de 2009

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Zanata, Marcelo  
Z27e Efeito do manejo na qualidade do solo e da água em microbacias hidrográficas, Batatais, SP / Marcelo Zanata. -- Jaboticabal, 2009  
xiii, 79 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009

Orientadora: Teresa Cristina Tarlé Pissarra

Banca examinadora: Miguel Luiz Menezes Freitas, Sergio Campos

Bibliografia

1. Água-físico-química. 2. Relevo-drenagem. 3. Bacias-hidrográficas-Batatais. I. Título. II. Jaboticabal - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 556.11/113:556.51

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

### CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO:** EFEITO DO MANEJO NA QUALIDADE DO SOLO E DA ÁGUA EM MICROBÁCIAS HIDROGRÁFICAS, BATATAIS, SP.

**AUTOR:** MARCELO ZANATA

**ORIENTADORA:** Profa. Dra. TERESA CRISTINA TARLE PISSARRA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. TERESA CRISTINA TARLE PISSARRA

Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. SERGIO CAMPOS

Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrícolas de Botucatu

Prof. Dr. MIGUEL LUIZ MENEZES FREITAS

Estação Ecológica de Ribeirão Preto / Instituto Florestal de São Paulo

Data da realização: 17 de dezembro de 2009.

**MARCELO ZANATA**, nascido aos 30 de maio de 1968, em Americana, Estado de São Paulo, é Engenheiro Agrônomo formado pela Escola Superior de Agricultura de Lavras (1993), com especialização (*latu sensu*) pela Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) em Administração e Manejo de Unidades de Conservação (1995). Pesquisador Científico do Instituto Florestal do Estado de São Paulo, com experiência na área de recursos florestais, ênfase em recuperação de áreas degradadas, atua principalmente nos seguintes temas: manejo florestal de espécies exóticas, administração de unidade de conservação, pesquisa científica em recursos florestais, manejo em microbacia hidrográfica. Também é Perito Judicial e Assistente Técnico do Ministério Público da Comarca de Batatais.

*"A água de boa qualidade é como a saúde ou a liberdade:  
só tem valor quando acaba".*

*João Guimarães Rosa*

À Vera Lucia, Kauê e July.

## **AGRADECIMENTOS**

À Natureza pelo substrato do estudo.

Ao Instituto Florestal por incentivar o aprimoramento técnico - científico de seus pesquisadores.

À UNESP pela oportunidade concedida.

À FAPESP pelo apoio financeiro ao projeto.

Professora Teresa Cristina Tarlé Pissarra pela didática, paciência e conhecimento, não necessariamente nesta ordem.

Ronaldo, Izilda e Bruno do Laboratório de Fotointerpretação;

Funcionários do Horto Florestal de Batatais;

Professor Dr. Miguel Luiz Menezes Freitas, por ter mostrado o caminho;

Dr. Hilton Maurício de Araújo Filho, Promotor de Justiça da Comarca de Batatais, pela confiança em nosso trabalho;

Proprietários das áreas de coleta de água e solo;

Aos professores Sérgio Valiengo Valeri, João Antônio Galbiatti e Sergio Campos pelas valiosas contribuições;

Professor José Carlos Barbosa pela excelência no trabalho estatístico;

João Batista e Vânia Maria pela paciência durante os ensaios;

À todas as pessoas que por algum motivo influenciaram ou colaboraram com o resultado final deste trabalho.

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS .....	iii
LISTA DE FIGURAS .....	vii
RESUMO .....	x
ABSTRACT .....	xii
INTRODUÇÃO .....	01
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	03
2.1. Morfometria de Bacias Hidrográficas .....	03
2.2 Recursos Hídricos .....	05
2.3 Solos .....	07
2.4 Histórico de Uso e Ocupação .....	07
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	09
3.1 Caracterização da Área Experimental .....	09
3.1.1 Clima .....	12
3.1.2 Geologia .....	12
3.1.3 Geomorfologia .....	12
3.1.4 Solos .....	13
3.1.5 Vegetação .....	13
3.1.6 Hidrometeorologia .....	13
3.2 Material .....	14
3.3 Métodos .....	15
3.3.1 Análise morfométrica .....	15
3.3.2 Coleta e análise do recurso hídrico .....	19
3.3.2.1 tratamentos dos recursos hídricos: microbacias hidrográficas .	21
3.3.3 Coleta e análise de Solo .....	22
3.4 Análise Estatística .....	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	24
4.1 Morfometria .....	24

4.1.1 Uso e ocupação do solo .....	30
4.2 Recurso Hídrico .....	32
4.2.1 Temperatura .....	32
4.2.2 Oxigênio dissolvido .....	37
4.2.3 pH .....	41
4.2.4 Condutividade elétrica .....	45
4.2.5 Sólidos totais dissolvidos .....	50
4.2.6 Turbidez .....	53
4.2.7 Comparação entre os tratamentos ao longo do tempo .....	57
4.3 Análise Química do Solo .....	62
5 CONCLUSÕES .....	66
6 REFERÊNCIAS .....	67
APÊNDICE .....	75

**LISTA DE TABELAS**

1	Características morfométricas dimensionais, fórmulas e fontes das variáveis em estudo na microbacia do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	17
2	Características morfométricas do padrão de drenagem, fórmulas e fontes das variáveis em estudo na microbacia do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	18
3	Características morfométricas do relevo, fórmulas e fontes das variáveis em estudo na microbacia do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	18
4	Características dimensionais das microbacias de 1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> , 3 <sup>a</sup> e 4 <sup>a</sup> ordens de grandeza, obtidas com a base cartográfica do IBGE, para as microbacias do Córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	25
5	Características dimensionais da microbacia do Córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	26
6	Razão de bifurcação (Rb) e Relação do comprimento médio (RLm) entre cada ordem da microbacia do Córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	27
7	Características do padrão de drenagem da microbacia do Córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	28
8	Características do relevo da microbacia do Córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	29
9	Análise de Variância para efeitos principais (microbacias) e interação (meses) para a variável Temperatura .....	33

10	Médias, teste de Tukey (5%), desvio padrão, coeficiente de variação, valor mínimo e máximo das médias de temperatura (°C) para diferentes manejos, em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	34
11	Valores médios de temperatura (°C), teste de Tukey (5%), desvio padrão, coeficiente de variação, valor mínimo e máximo ao longo do ano, em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	35
12	Análise de Variância para efeitos principais (microbacias) e interação (meses) para a variável oxigênio dissolvido .....	38
13	Médias, teste de Tukey (5%), desvio padrão, coeficiente de variação, valor mínimo e máximo das médias de oxigênio dissolvido (mg L <sup>-1</sup> ) ao longo do ano, em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	39
14	Valores mensais de oxigênio dissolvido (mg L <sup>-1</sup> ), teste de Tukey (5%), desvio padrão, coeficiente de variação, valor mínimo e máximo ao longo do ano, em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	40
15	Análise de Variância para efeitos Principais (microbacias) e interação (meses) para a variável pH .....	42
16	Médias, Tukey 5%, desvio padrão, coeficiente de variação, valor mínimo e máximo de pH ao longo do ano, em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	43
17	Valores de média, teste de Tukey (5%), desvio padrão, coeficiente de variação, valor mínimo e máximo de pH ao longo do ano, em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	44

18	Análise de Variância para efeitos principais (microbacias) e interação (meses) para a variável condutividade elétrica .....	47
19	Médias, teste de Tukey (5%), desvio padrão, coeficiente de variação, valor mínimo e máximo das médias de condutividade elétrica ao longo do ano, em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP	47
20	Valores mensais de condutividade elétrica para os diferentes meses do ano em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP	48
21	Análise de Variância para efeitos principais (microbacias) e interação (meses) para a variável sólidos totais .....	51
22	Médias, Tukey 5%, desvio padrão, coeficiente de variação, valor mínimo e máximo das médias de sólidos totais ao longo do ano, em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	51
23	Valores mensais de sólidos totais para os diferentes meses do ano em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	52
24	Análise de Variância para efeitos principais (microbacias) e interação (meses) para a variável turbidez .....	54
25	Médias, teste de Tukey 5%, desvio padrão, coeficiente de variação, valor mínimo e máximo das médias de turbidez em diferentes manejos em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	55
26	Valores mensais de turbidez para os diferentes meses do ano em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	56
27	Teste de Tukey (5%) entre tratamentos para todas as variáveis .....	58
28	Valores médios da análise química do solo com manejo de cana-de-açúcar em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	62

29	Valores médios da análise química do solo com manejo de Pinus em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	63
30	Valores médios da análise química do solo com manejo de Mata em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	63
31	Valores médios da análise de micronutrientes do solo com manejo de cana-de-açúcar em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	64
32	Valores médios da análise de micronutrientes do solo com manejo de Pinus em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	64
33	Valores médios da análise de micronutrientes do solo com manejo de Mata em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	65

## LISTA DE FIGURAS

1	Localização da microbacia hidrográfica do córrego da Cachoeira no Município de Batatais, SP. (Fonte: Google Earth, acesso em 12 de novembro de 2009) .....	09
2	Carta do Brasil – FOLHA SF-23-V-A-IV-4 – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Escala 1 : 50.000 (BRASIL, 1971) .....	10
3	Base cartográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da microbacia hidrográfica do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	15
4	Base cartográfica do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC) da microbacia hidrográfica do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	16
5	Microbacias de 1. <sup>a</sup> ordem de magnitude, com diferentes usos e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do córrego da Cachoeira, Batatais, SP	19
6	Coleta de dados de temperatura, condutividade, sólidos e pH da amostra 5, na microbacia 8, em 21 de novembro de 2008 .....	20
7	Coleta de amostras compostas de solo em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	22
8	Médias de temperatura (°C) em diferentes manejos em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	32
9	Valores médios de temperatura (°C) ao longo do ano em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	36
10	Médias de oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) em diferentes manejos em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	37
11	Médias de oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) ao longo do ano em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	39

12	Médias de pH em diferentes manejos em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	41
13	Médias de pH ao longo do ano em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	45
14	Médias de condutividade elétrica para diferentes manejos em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	46
15	Médias de condutividade elétrica ao longo do ano em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	49
16	Médias de sólidos totais em diferentes manejos em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	50
17	Médias de sólidos totais ao longo do ano em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	53
18	Médias de turbidez em diferentes manejos em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	54
19	Médias de turbidez ao longo do ano em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	56
20	Comparação das variáveis ao longo do ano em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	57
21	Comparação das variáveis entre os manejos em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	59
22	Aspecto dos pontos de coleta 4 e 5, mês de dezembro de 2008, na microbacia 8 do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	60
23	Aspecto do ponto de coleta 5, mês de novembro de 2008, na microbacia 17 do córrego da Cachoeira, Batatais, SP .....	61
1A	Microbacia 1 - Pontos de coleta de água (branco e vermelho) e de amostra composta de solo (preto) .....	76

2A	Microbacia 3 - Pontos de coleta de água (vermelho) e de amostra composta de solo (preto) .....	76
3A	Microbacia 8 - Pontos de coleta de água (branco e vermelho) e de amostra composta de solo (preto) .....	77
4A	Microbacia 9 - Pontos de coleta de água (branco e vermelho) e de amostra composta de solo (preto) .....	77
5A	Microbacia 11 - Pontos de coleta de água (branco e vermelho) e de amostra composta de solo (preto) .....	78
6A	Microbacia 17 - Pontos de coleta de água (branco e vermelho) e de amostra composta de solo (preto) .....	78
7A	Microbacia 14 - Pontos de coleta de água (branco e vermelho) e de amostra composta de solo (preto) .....	79

## **EFEITO DO MANEJO NA QUALIDADE DO SOLO E DA ÁGUA EM MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS, BATATAIS, SP**

**RESUMO:** Este trabalho teve como objetivo realizar análise morfométrica e diferenciar áreas de manejo no que tange à qualidade do solo e da água de bacias hidrográficas no Município de Batatais, Estado de São Paulo. A área de estudo é a microbacia hidrográfica do Córrego da Cachoeira, situada entre as coordenadas geográficas 20°53'35" a 20°57'54" de Latitude S, e 47°31'45" a 47°33'21" de Longitude WGr, abrangendo desde a foz do Córrego da Barata até às cabeceiras dos córregos da Prata e da Estiva. As formas das bacias hidrográficas podem ser consideradas como fontes de dados relevantes para a obtenção de informações sobre a evolução do modelado da superfície da Terra no que tange ao canal de drenagem principal e seus tributários. As variáveis estudadas foram as dimensionais, do padrão de drenagem e do relevo. As bases cartográficas do IBGE e do IGC foram usadas para a hierarquização da rede de drenagem e para a análise morfométrica. A microbacia se caracteriza por ser uma drenagem fluvial exorreica, com rios consequentes e drenagem dendrítica. O baixo valor do fator de forma indica uma bacia mais alongada e com menor risco de enchentes sazonais. Os valores de densidade de drenagem, freqüência de rios e razão de bifurcação, são considerados baixos e indicam a formação de solo sobre rocha permeável. Os valores da razão de relevo e razão de relevo relativo sugerem uma microbacia com relevo relativamente suave. Todas as características físico-químicas da água diferiram estatisticamente ao longo do período analisado. Os valores de pH e de oxigênio dissolvido foram mais uniformes que a temperatura. A condutividade elétrica, os sólidos totais e a turbidez foram as características que mais variaram durante o ano de coleta e as melhores para a diferenciação dos manejos. As microbacias B8 (cana) e B17 (pinus) apresentaram as maiores alterações das características da água, provavelmente devido à escassa vegetação nativa ocupando a vereda da B8 e à atividade extrativista da goma resina do pinus na B17. As análises granulométricas de solo, com fracionamento de areia, resultaram na classe textural média. O manejo com a cana-de-açúcar obteve valores maiores para MO, P, K, Ca e Mg, provavelmente devido aos insumos agrícolas utilizados anualmente. As microbacias com Pinus apresentam

alta acidez potencial quando comparado com o manejo de cana-de-açúcar. Os dados da análise de micronutrientes demonstram que o manejo com cana-de-açúcar apresenta maiores valores de média para boro (B), cobre (Cu) e zinco (Zn), enquanto o manejo com Pinus apresenta as maiores médias com ferro (Fe) e manganês (Mn). O tratamento com mata apresentou valores intermediários entre os dois manejos.

**PALAVRAS CHAVE:** características físico-químicas, padrão de drenagem e relevo, recursos hídricos, solos

## **EFFECT OF MANAGEMENT IN THE QUALITY OF SOIL AND WATER IN WATERSHED, BATATAIS, SP**

**SUMMARY:** This study aimed to conduct morphometric analysis and differentiate management areas with respect to soil quality and water basins in the City of Batatais, State of Sao Paulo. The study area is the watershed of the Waterfall Creek, located between the geographic coordinates 20°53'35" to 20°57'54" Latitude S, 47°31'45" to 47°33'21" Longitude WGr, ranging from the mouth of the stream Cheap until headwaters of streams of Silver and Stowage. The morphometric analysis was performed to characterize the morphology of the terrain. The shapes of the basins can be considered as relevant data sources to obtain information on developments in the modeling of the Earth's surface with respect to the main drainage channel and its tributaries. The variables studied were the dimensional, pattern of drainage and relief. The cartographic IBGE and IGC were used for the ranking of the drainage network and for morphometric analysis. The watershed is characterized as a fluvial drainage exorreica, with consequent streams, and dendritica drainage. The low value of the form factor indicates a more elongated basin and with less risk of seasonal floods. The values of drainage density, frequency of rivers and bifurcation ratio, are considered low and indicate the formation of soil over rock permeable. The values of the relief ratio suggest a watershed with relatively mild relief. All physico-chemical properties of water differ statistically over the period analyzed. The values of pH and dissolved oxygen were more uniform than temperature. The electrical conductivity, total solids and turbidity were the more characteristics ranged during the year of collection. Turbidity, electrical conductivity and total solids were the best water features to differentiate the management. On the basin B8 (sugar cane) and basin B17 (pine) the properties of water behave with the largest changes, probably due to the scarce native vegetation in the B8 and activity of the resin gum in the B17. The particle size analysis of soil, sand fractions, resulted in textural average class. The management with sugar cane, obtained higher values for OM, P, K, Ca and Mg, probably due to agricultural inputs used annually. The watersheds with Pinus have high potential acidity when compared with the management of sugar cane.

The data analysis shows that micronutrients of the management of the sugar cane has more average values for boron (B), copper (Cu) and zinc (Zn), while the management of Pinus has the highest average iron (Fe ) and manganese (Mn). Treatment with forest has intermediate values between the two managements.

**KEYWORDS:** physicochemical characteristics, drainage patterns and relief, water resources, soils

## 1 INTRODUÇÃO

A expansão agrícola do Estado de São Paulo, o uso e ocupação do solo vem sendo marcado pela agressividade da exploração dos recursos naturais, intensa industrialização e crescimento desordenado das cidades, todos fatores associados à poluição das águas. A degradação dos recursos hídricos, superficiais ou subterrâneos, implica em riscos e impactos à saúde pública, com estreita relação à qualidade e à quantidade de água ofertada.

A microbacia hidrográfica foi selecionada para este estudo tendo em vista que na natureza este sistema de drenagem está organizado, e a noção de microbacia obriga, naturalmente, a existência de cabeceiras ou nascentes; cursos d'água principais; afluentes; subafluentes, vertentes e divisores d'água que, por sua vez, limitam outras bacias, bem como uma hierarquização dos canais escoadouros e uma distribuição dos solos predominantes. É uma região geomorfológica fundamental da superfície terrestre, sendo considerada pelos geomorfologistas e hidrologistas como principal unidade fisiográfica do terreno, porque suas características governam, no seu interior, todo o fluxo superficial e subsuperficial da água (HORTON, 1945; CHRISTOFOLETTI, 1974).

O estado de uso/ocupação do solo em três ambientes (mata natural, pinus e cana-de-açúcar) foi analisado para fornecer elementos para uma avaliação de problemas ambientais (pressão rural no ambiente), os quais ocorrem em um espaço de tempo menor e geram mudanças de grande magnitude.

Localizada no Município de Batatais, SP, a Microbacia Hidrográfica estudada foi a do córrego da Cachoeira, com suas nascentes selecionadas tendo em vista as semelhanças de suas características edafoclimáticas local, com o predomínio de uso/ocupação do solo com mata e culturas agrícolas. Neste sentido, a água analisada não recebeu influência direta de outra cobertura vegetal, minimizando os efeitos sobre a movimentação dos nutrientes e da qualidade da água de outro tipo de uso/ocupação do solo na microbacia.

As características físico-químicas do solo e da água da rede de drenagem foram avaliados nas microbacias hidrográficas de 1ª ordem de magnitude-unidade experimental para o desenvolvimento do trabalho- com nascentes protegidas por mata e com predomínio de sistemas produtivos.

Toda a área foi mapeada e as representações espaciais da informação do meio, a análise dos dados coletados dos parâmetros da água e do solo e a sobreposição dos dados permitiram verificar, a curto espaço de tempo, a influencia do uso e ocupação do solo na qualidade e quantidade de água, bem como na caracterização do solo nessa área.

Os objetivos foram avaliar a morfometria, as características físico-químicas da água da rede de drenagem e do solo, e a alteração no sistema ambiental em relação ao uso/ocupação das microbacias, comparando a diferença entre dois sistemas produtivos (pinus e cana-de-açúcar) e sem essa ação (mata).

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Morfometria de Bacias Hidrográficas

Em trabalhos de cartografia é necessário indicar a proporção entre a superfície terrestre e a sua representação. Essa proporção é indicada pela escala, a qual representa a relação entre a medida de uma porção territorial representada no papel e sua medida real na superfície terrestre.

Segundo LANA et al. (2001) as bacias hidrográficas, como um sistema individualizado, podem ser consideradas como fontes de dados relevantes para a obtenção de informações sobre a evolução do modelado da superfície da Terra.

As diferentes formas de relevo presentes na superfície terrestre são oriundas da interação entre processos tectônicos, pedogênicos e intempéricos, que atuam de forma diversificada nos diferentes materiais rochosos. A estrutura geológica define a morfologia da bacia e, com isso, direciona os processos de erosão e lixiviação e do potencial de produtividade da área (CALIJURI & BUBEL, 2006).

Segundo RODRIGUES (2006) a bacia hidrográfica é um sistema geomorfológico aberto, que recebe energia através de agentes climáticos e perde através do deflúvio. É composta basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos d'água que confluem até resultar um leito único no exutório (SILVEIRA, 2001).

No início do século XX, os estudos de HORTON (1945) e STRAHLER (1957) definem a hierarquia fluvial, considerando as nascentes e seus cursos d'água, de acordo com o número de afluentes de cada bacia hidrográfica. Como 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 a evapotranspiração e à infiltração (CHRISTOFOLETTI, 1974), o estudo morfométrico

nessa unidade territorial de trabalho é de grande importância para elucidar questões de formação geomorfológica e de recursos hídricos.

A bacia hidrográfica tem sido utilizada como uma unidade geomorfológica fundamental, porque suas características governam, no seu interior, todo o fluxo superficial da água. Assim, vem sendo considerada uma unidade territorial ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais (CHRISTOFOLETTI, 1978; POLITANO, 1992; PISSARRA, 1998).

Segundo LIMA (1999), a conservação da microbacia hidrográfica deve-se à perpetuação de seu funcionamento hidrológico (vazão, quantidade e qualidade da água), de seu potencial produtivo ao longo do tempo (biogeoquímico) e da biodiversidade ao longo da paisagem (mata ciliar, zonas ripárias, reservas de vegetação natural, entre outros).

A morfometria da microbacia hidrográfica é importante subsídio de diagnóstico da suscetibilidade à degradação ambiental. Seus resultados norteiam o planejamento, o manejo e as medidas mitigadoras para a conservação dos recursos naturais (RODRIGUES, 2003).

Essas características retratam o comportamento das águas superficiais e subsuperficiais, que entre as principais destacam-se as dimensionais, da composição da rede, do padrão de drenagem e do relevo (AVERY, 1977; HORTON, 1945; STRAHLER, 1957; CHRISTOFOLETTI, 1974; VILLELA & MATOS, 1975). Elas revelam aspectos ligados ao tamanho e forma da microbacia, relacionados à geologia, material superficial e topografia (PISSARRA et al., 2004).

A análise morfométrica é o exame *in situ* das propriedades do solo e de suas relações com o relevo, vegetação, material de origem e clima (FREIRE, 2006). Retratam a disposição, o tamanho e a forma do percurso de cada segmento de rio, e a densidade e o modo de distribuição de toda a rede de drenagem do terreno (STRAHLER, 1957; FRANÇA, 1968; POLITANO, 1992).

As características do padrão de drenagem indicam o grau de desenvolvimento da rede hidrográfica, que está relacionada com litologia, estrutura geológica e

formações superficiais. A densidade de drenagem reflete a influência da origem geológica, da topografia, dos tipos de solo, da vegetação e das intensidades de precipitação, infiltração e escoamento superficial da água (RODRIGUES, 2004).

## 2.2 Recursos Hídricos

Segundo a CETESB (1997) o significado sanitário dos parâmetros de qualidade de água selecionados podem ser expressos da seguinte forma:

a) Os corpos d'água naturais apresentam variações sazonais e diurnas de temperatura. A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como: latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais (indústrias canavieiras, por exemplo) e usinas termoelétricas;

b) A medida de pH é uma das determinações de qualidade da água mais frequentemente executada. Os peixes vivem em uma de pH e adoecem rapidamente quando este valor é inferior a 4.5 ou maior que 9.0. Na condição padrão (25°C e 1 atm), o pH igual a 7 corresponde à neutralidade. Valores inferiores a 7 correspondem à faixa ácida, e valores superiores a 7 à faixa básica (alcalina). A maior preocupação com os valores de pH é como eles afetam outras substâncias, incluindo nitrito e amônia. O pH da água depende de sua origem e características naturais, mas pode ser alterado pela introdução de resíduos. A vida aquática depende do pH recomendável entre 6 a 9;

c) A baixa concentração de oxigênio dissolvido indica eutrofização ou poluição orgânica, resultante do esgoto doméstico, de certos resíduos industriais, do vinhoto e outros, que são decompostos por microorganismo que utilizam o oxigênio na respiração. A morte de peixes em rios poluídos é resultado da ausência de oxigênio e não da presença de substâncias poluentes. O nível de oxigênio dissolvido em águas naturais é, com freqüência, uma indicação direta de qualidade, uma vez que as plantas aquáticas produzem oxigênio enquanto microorganismos geralmente o consomem ao

alimentarem-se de poluentes. A solubilidade de oxigênio aumenta a baixas temperaturas a tal ponto em que, no inverno, em regiões frias, concentrações de 20 ppm podem ser encontradas em águas naturais cujos pontos de saturação, no verão, não ultrapassam 5 ppm;

d) Alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e das algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. A turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas, afetando adversamente os usos doméstico, industrial e racional da água;

e) A condutância específica (condutividade) é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. A condutividade da água depende de suas concentrações iônicas e da temperatura. A condutância específica fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade específica da água aumenta. Altos valores podem indicar características corrosivas da água.

Segundo o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE, 1984), as águas do Aquífero Serra Geral na região da Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (UGRHI) do rio Sapucaí mirim - Grande apresentam temperaturas de 22 a 29°C, pH entre 4,8 a 7,0 e sólidos totais dissolvidos de 44 a 280 mg L<sup>-1</sup>, com maiores valores no vale do rio Grande.

CAMPOS (1993), caracteriza o Sistema Aquífero Serra Geral com temperaturas que variam de 18,2 a 27,5°C, pH de 5,38 a 9,89 e teores salinos inferiores a 250 mg L<sup>-1</sup> para 96% das amostras analisadas. As águas são predominantemente bicarbonatadas cálcicas e, secundariamente, bicarbonatadas cálcico-magnesianas e bicarbonatadas sódicas. A média de consumo de água é de 250 litros por habitante por dia, com 52% de captação superficial e 37% de perdas (SÃO PAULO, 1999c).

## **2.3 Solos**

Com o movimento de rotação do planeta Terra, o supercontinente Pangea se quebra obedecendo às ranhuras das Placas Tectônicas e essas porções de terras se afastam para formar os continentes atuais (BACCI, 2007).

Latossolos (EMBRAPA, 2003) são solos resultantes de enérgicas transformações no material originário ou oriundo de sedimentos pré-intemperizados onde predominam, na fração argila, minerais nos últimos estádios de intemperismo (caulinitas e óxidos de ferro e alumínio), sendo a fração areia dominada por minerais altamente resistentes ao intemperismo.

São de textura variável, de média a muito argilosa, geralmente muito profundos, porosos, macios e permeáveis, apresentando pequena diferença no teor de argila em profundidade e, comumente, são de baixa fertilidade natural.

São típicos das regiões equatoriais e tropicais, distribuídos, sobretudo, em amplas e antigas superfícies de erosão, sedimentos e terraços fluviais antigos, normalmente em relevo suavemente ondulado e plano (EMBRAPA, 2003).

Os Latossolos são os solos mais representativos do Brasil, ocupando 38,7% da área total do país e distribuem-se em praticamente todo território nacional (EMBRAPA, 2002). Existem variados tipos de Latossolos, que se diferenciam, dentre vários outros atributos, pela sua cor, fertilidade natural, teor de óxidos de ferro e textura.

## **2.4 Histórico de Uso e Ocupação**

Em 1814, o município foi denominado inicialmente como Freguesia do Senhor Bom Jesus de Batatais, pertenceu ao Município de Mogi - Mirim até 1821, quando passa a pertencer ao Município de Franca, desmembrando-se deste em 1839, quando então foi instituído o Município de Batatais.

Inicialmente sua ocupação ocorreu em função da decadência da atividade de mineração no Estado de Minas Gerais, e a vinda de pecuaristas mineiros em busca de novas oportunidades nas terras férteis do planalto paulista. A região também foi pouso dos tropeiros e bandeirantes que se deslocavam em direção às minas de ouro de Goiás. Esses pousos, formados inicialmente a partir dos caminhos abertos pelos bandeirantes, eram transformados conseqüentemente em povoados.

O desenvolvimento da região foi embasado nas atividades agropecuárias, criação de gado e produção de açúcar, no século XVIII e, posteriormente com a cultura do café, no século XIX. O período de crescimento nos anos 20 entra em declínio com a crise de 1929, resultando na divisão das grandes fazendas em pequenas e médias propriedades, na substituição de culturas e no deslocamento da população rural.

O Município de Batatais atualmente possui área de 83600 ha distribuídos em 631 propriedades rurais, onde mais de 50% tem área até 50 ha. A população é estimada em 56000 habitantes e a economia baseada principalmente na agropecuária, com destaque para a cultura da cana de açúcar, silvicultura, milho, soja e café, além da suinocultura e avicultura.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da Área Experimental

A microbacia hidrográfica do Córrego da Cachoeira localiza-se entre as coordenadas geográficas 20°53'35" a 20°57'54" de Latitude S e 47°31'45" a 47°33'21" de Longitude WGr, altitude média de 880 m, no Município de Batatais, SP (Figura 1).

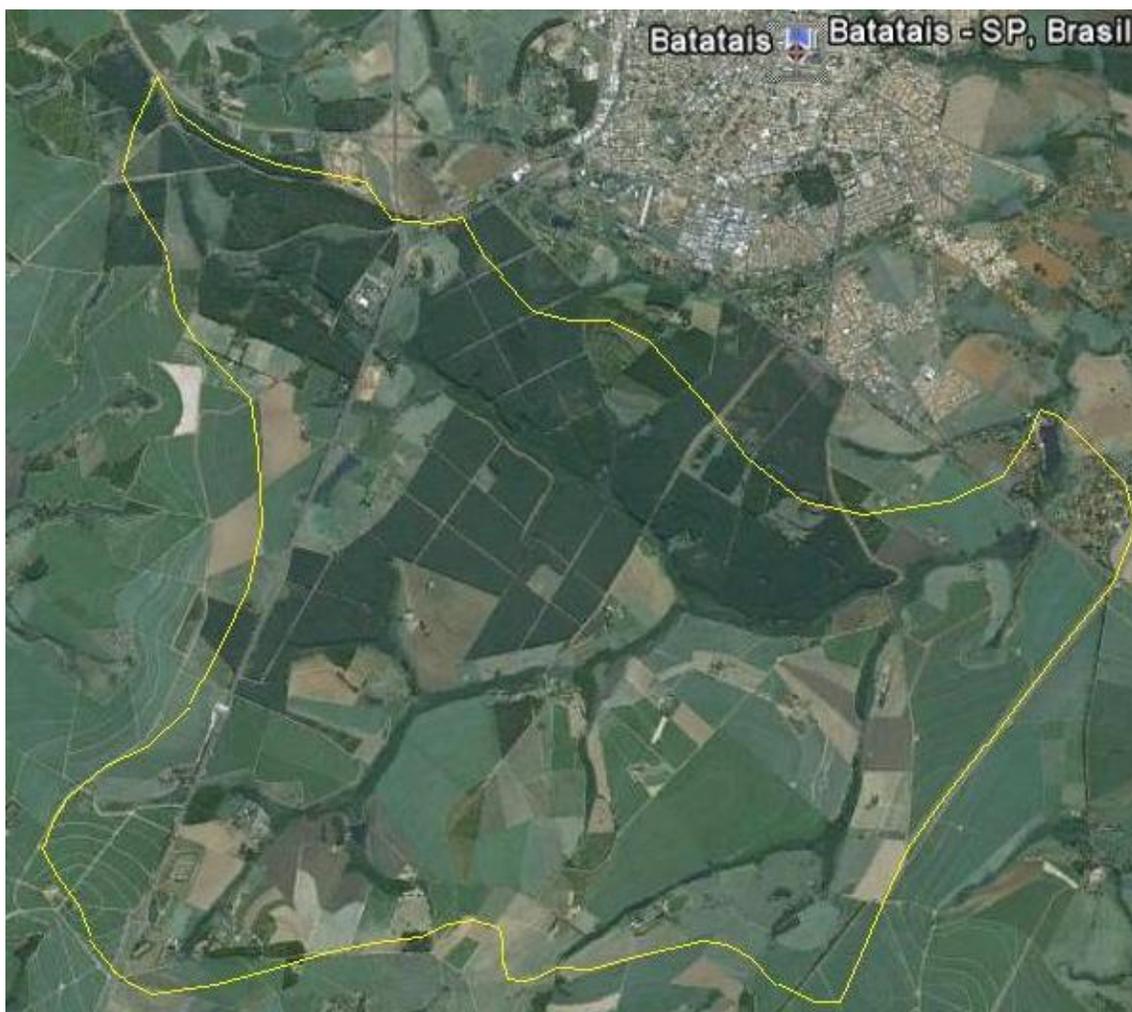


Figura 1. Localização da microbacia hidrográfica do córrego da Cachoeira no Município de Batatais, SP (Google Earth, acesso em 28/11/ 2009).

É uma área de cabeceira com formação natural, drenada por um curso d'água, a montante de uma secção transversal considerada, para onde converge toda a água de escoamento, que abrange desde sua foz junto ao Córrego da Barata até as cabeceiras dos Córregos da Estiva e da Prata, junto à divisa do Município de Brodowski (Figura 2).

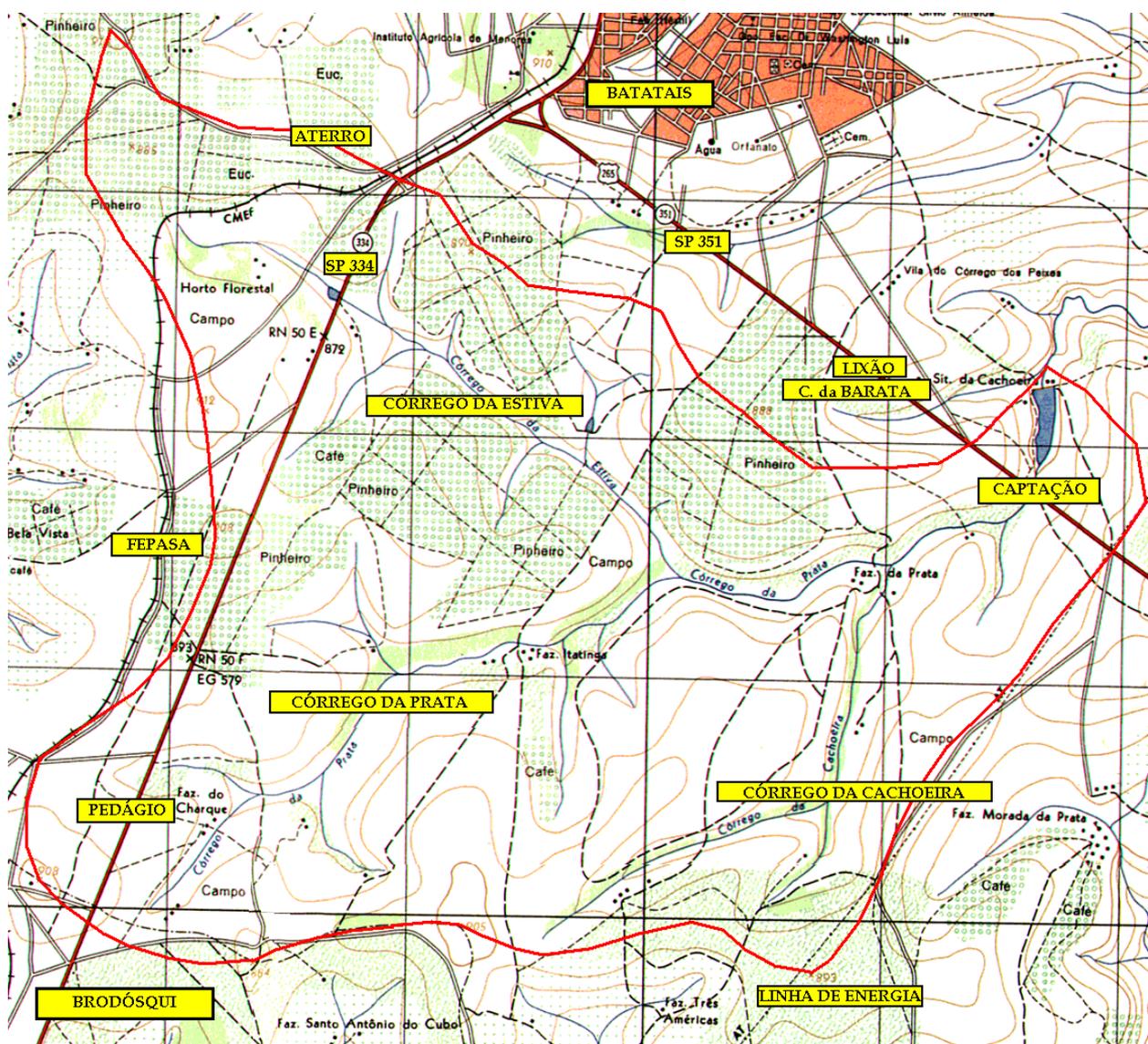


Figura 2. Carta do Brasil – FOLHA SF-23-V-A-IV-4 – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Escala 1 : 50000 (BRASIL, 1971).

A área de estudo possui aproximadamente 4000 ha e 80 propriedades rurais, com limites ao norte pela rodovia Altino Arantes (SP 351), ao sul pelo município de Brodowski, à leste pela linha primária da CPFL e a oeste pela rodovia Cândido Portinari (SP 334), pontos identificados na Figura 2.

A microbacia é cortada por 4 estradas municipais e pelos carreadores de circulação e escoamento de sua produção agrícola, que apesar de boa trafegabilidade apresentam problemas na época das águas, pois são os principais contribuintes para a erosão do solo e o assoreamento dos corpos d'água.

O uso e a ocupação do solo são predominadas pelas culturas perenes dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, lavouras de cana-de-açúcar e pastagens pouco manejadas. Alguns proprietários já adotaram a prática do plantio direto na palha.

Com, praticamente, 20 nascentes principais, a microbacia apresenta três cursos d'água, o córrego da Prata, córrego da Estiva e córrego da Cachoeira, de onde são retiradas mais de 50% do abastecimento d'água do município. A captação de água para abastecimento público é realizada em 2 pontos distintos, um deles próximo a foz da área de estudo (Figura 2), com vazão captada de  $0,069 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

Suas águas se juntam à microbacia hidrográfica do ribeirão do Engenho da Serra, do córrego das Araras e dos Peixes, passando a ser denominado Ribeirão dos Batatais. Mais a jusante recebe as águas da microbacia do córrego do Retiro ou Desengano e passa a ser denominado ribeirão Tomba Carro, que recebe o córrego da laje antes de sua foz no Rio Sapucaí.

Estes cursos d'água são formadores da bacia hidrográfica do rio Sapucaí e do rio Grande, se juntam às águas do pantanal matogrossense e do rio Paraguai, e alcançam o oceano Atlântico pela bacia do Prata, na divisa com o Uruguai.

### **3.1.1 Clima**

De acordo com o sistema de Classificação Climática de Köppen, o clima da região é classificado como mesotérmico úmido de verão quente (Cwa), ou seja, verão quente e chuvoso com inverno frio e seco.

Apresenta, no mês mais seco, totais de chuvas inferiores a 30 mm, temperaturas médias superiores a 22°C no mês mais quente, e temperaturas menores que 18°C no mês mais frio. As geadas são raras ou pouco freqüentes e a deficiência hídrica é pequena ou nula. A precipitação média regional varia entre 1100 e 1700 mm anuais (SÃO PAULO, 1999c).

### **3.1.2 Geologia**

A Geologia é formada por rochas efusivas básicas da Formação Serra Geral (JKsg) e areias não consolidadas de origem mais recente, provavelmente do cenozóico, que recobrem as rochas efusivas básicas em parte da área (SÃO PAULO, 1981a).

As unidades geológicas que ocupam a maior parte da área da Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí são as rochas mesozóicas pertencentes ao Grupo São Bento da Bacia do Paraná, com rochas sedimentares das formações Pirambóia e Botucatu e as rochas ígneas basálticas da Formação Serra Geral (SÃO PAULO, 1981b).

### **3.1.3 Geomorfologia**

A bacia hidrográfica do rio Sapucaí está inserida em sua maior parte na Província Geomorfológica das Cuestas Basálticas e parcialmente na Província do Planalto Ocidental Paulista, segundo a subdivisão adotada no Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 1981b).

A unidade cuestas basálticas caracteriza-se morfologicamente por apresentar um relevo escarpado nos limites com a depressão periférica, seguido de uma sucessão de grandes plataformas estruturais de relevo suavizado, inclinadas para o interior em direção à calha do rio Paraná, que constituem a escarpa e o reverso das cuestas. Por tratar-se de terras altas e circundadas por terras baixas é um centro dispersor de drenagem (SÃO PAULO, 1981b).

#### **3.1.4 Solos**

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (CAMARGO & KAUFMANN, 1987) encontramos na região o Latossolo Vermelho-Amarelo, textura média, Latossolo Roxo e solos Hidromórficos nas várzeas aluviais, com relevo suave ondulado.

#### **3.1.5 Vegetação**

As áreas naturais estão restritas aos cursos d'água e ocupadas pela zona ripária (mata ciliar) coberta por Mata Paludosa, Floresta Ribeirinha, Cerradão e Floresta Estacional Semi Decídua. A microbacia está ocupada pela lavoura de cana de açúcar e pelo reflorestamento dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*.

#### **3.1.6 Hidrometeorologia**

A distribuição das chuvas no Estado de São Paulo está associada ao domínio das massas tropicais (continental e marítima) e polares, com correntes de sul e leste; à disposição do relevo e à proximidade ou não do mar (SÃO PAULO, 1999c)

Na Bacia, como na maior parte do Estado, o período chuvoso ocorre de outubro a março, recebendo cerca de 80% das chuvas anuais, com o trimestre mais chuvoso de dezembro a fevereiro. O período mais seco vai de abril a setembro, com o trimestre mais seco entre junho e agosto, onde ocorrem cerca de 5% das chuvas (SÃO PAULO, 1999c)

### **3.2 Material**

A base cartográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), folha SF-23-V-A-IV-4, escala 1:50000 (BRASIL, 1971), e do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC), escala 1:10000 (SÃO PAULO, 1992), Capão Grande (SO-B), Batatais (SE-A), Fazenda Esteio (SE-B), Ribeirão da Mata (SO-D), Córrego da Prata (SE-C), Chácara Caiapós (SE-D), Brodowski (SO-F) e Córrego Olhos D'água (SE-E) foram usadas para a morfometria.

Veículos, equipamentos portáteis de análise de água, embalagens de plástico, e trado holandês foram usados na coleta dos dados de água e solo. Equipamentos de informática (computador, impressora e *notebook*) e *softwares* (AutoCAD, AGROSTAT e Office) foram usados para a compilação e análise dos dados.

### 3.3 Métodos

#### 3.3.1 Análise morfométrica

A análise morfométrica das microbacias hidrográficas inseridas na bacia hidrográfica do córrego da Cachoeira (Batatais, SP) foi realizada nas bases cartográficas (Figuras 3 e 4) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC) e em trabalhos de campo.

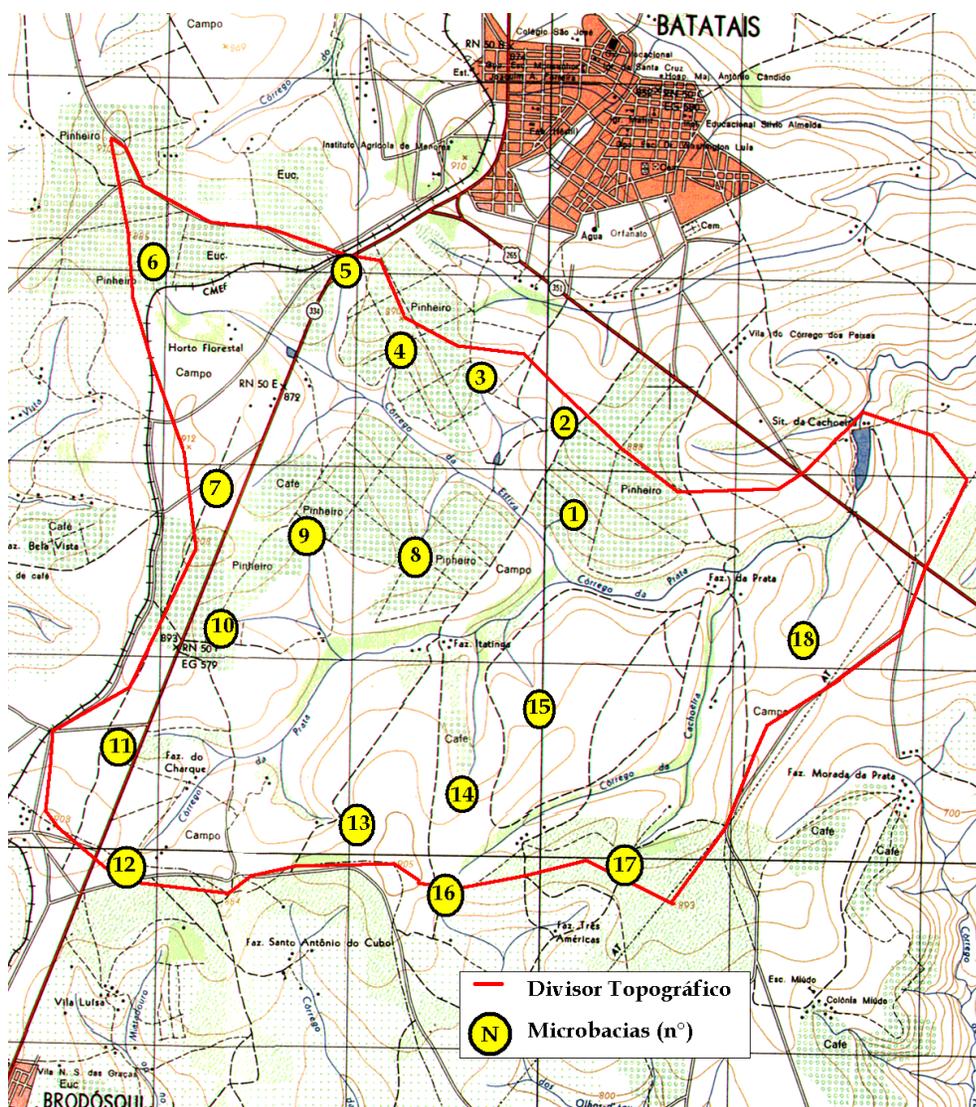


Figura 3. Base cartográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da microbacia hidrográfica do córrego da Cachoeira, Batatais, SP (BRASIL, 1971).

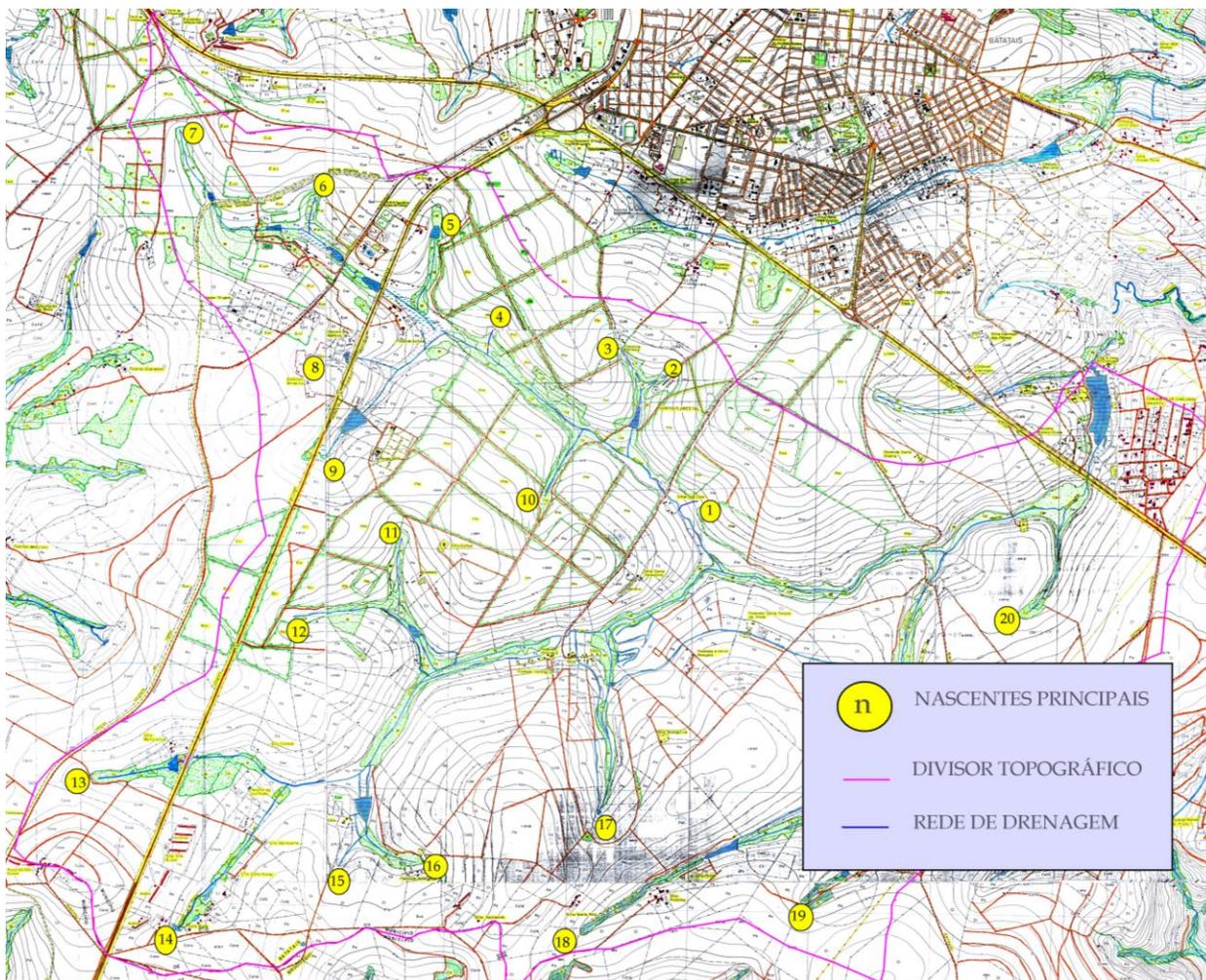


Figura 4. Base cartográfica do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC) da microbacia hidrográfica do córrego da Cachoeira, Batatais, SP (SÃO PAULO, 1992).

A classificação da rede de drenagem e a hierarquização das microbacias hidrográficas foram realizadas de acordo com o sistema proposto por HORTON (1945) e modificado por STRAHLER (1957), no qual as nascentes são consideradas tributários de 1<sup>a</sup> ordem, que se unem e formam uma rede de 2<sup>a</sup> ordem, e assim sucessivamente. Nessa identificação foram incluídos os cursos d'água permanentes, segundo recomendações de STRAHLER (1957) e LUEDER (1959). O perímetro, a rede de drenagem, as curvas de nível, as rodovias e divisores topográficos de cada sub-bacia de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> ordens foram identificados.

Para a coleta de dados físicos da conformação geomorfológica da rede de drenagem e respectivas sub-bacias de 1ª, 2ª, 3ª e 4ª ordens foi usado o programa de desenho AutoCAD, versão 2008, aferindo a medida da área, do comprimento da rede de drenagem, do perímetro, do maior comprimento e da maior largura. Esses dados foram inseridos numa planilha eletrônica e calculadas as características abordadas.

Para a análise dos dados de algumas características foi usado como referencia o trabalho desenvolvido por FRANÇA (1968), no qual a densidade de drenagem (Dd) pode ser interpretada como baixa (<1,5), média (1,5 a 2,5) e alta (>2,5), e por SMITH (1950), modificado por FRANÇA (1968), onde a razão de textura possui as seguintes classes: grosseira ( $T < 2,5$ ), média ( $2,5 < T < 6,2$ ) e fina ( $T > 6,2$ ).

A descrição das características morfométricas dimensionais, do padrão de drenagem e do relevo, as fórmulas e as fontes bibliográficas das características em estudo na microbacia do córrego da Cachoeira são apresentadas nas Tabelas 1, 2 e 3.

Tabela 1. Características morfométricas dimensionais, fórmulas e fontes das variáveis em estudo na microbacia do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Características	Descrição	Fórmula	Fonte
Área (A)	Superfície total da bacia	A (km <sup>2</sup> )	HORTON (1945)
Perímetro (P)	Comprimento da linha do divisor topográfico	P (Km)	SMITH (1950)
> comprimento (C)	Linha reta sobre o vale principal, que une a foz ao extremo do divisor	C (Km)	SCHUMM (1956)
> largura (L)	Maior dimensão linear num eixo transversal ao vale por ela formado	L (Km)	STRAHLER (1958)
Comprimento da rede de drenagem (Cr)	Comprimento total dos seguimentos de rios que formam as microbacias	Cr (km)	HORTON (1945)
Fator de forma (Ff)	Razão entre a área e o quadrado do comprimento	$Ff = A / C^2$	HORTON (1945)
Índice de Circularidade (HD)	Relação entre a área da bacia e a área de um círculo	$IC = A / Ac$	MILLER (1953)

Tabela 2. Características morfométricas do padrão de drenagem, fórmulas e fontes das variáveis em estudo na microbacia do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Características	Descrição	Fórmula	Fonte
Densidade de drenagem (Dd)	Relação entre o comprimento da rede de drenagem (Cr) e a área da bacia (A)	$Dd = Cr / A$ (Km*Km <sup>-2</sup> )	HORTON (1945)
Frequência de rios (F)	Relação entre o número de segmentos de rios (Nt) e a área da bacia (A)	$F = Nt / A$ (Nt*Km <sup>-2</sup> )	HORTON (1945)
Razão de textura (T)	Razão entre o número de segmentos de rios (Nt) e o perímetro da bacia (P)	$T = Nt / P$ (Nt*Km <sup>-1</sup> )	FRANÇA (1968) SMITH (1950)
Extensão de percurso superficial (Eps)	Função da densidade de drenagem	$Eps = 1/(2 * Dd)$ (Km)	HORTON (1945)
Coefficiente de manutenção (Cm)	Função da densidade de drenagem	$Cm = (1/Dd)*1000$ (m <sup>2</sup> )	SCHUMM (1956)

Tabela 3. Características morfométricas do relevo, fórmulas e fontes das variáveis em estudo na microbacia do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Características	Descrição	Fórmula	Fonte
Amplitude altimétrica (H)	Diferença entre o ponto de maior altitude e sua foz.	H (m)	STRAHLER (1952)
Razão de relevo (Rr)	Relação entre a amplitude altimétrica e o maior comprimento da bacia.	$Rr = H/C$ (m m <sup>-1</sup> )	SCHUMM (1956)
Razão de relevo relativo (Rrl)	Relação entre a amplitude altimétrica e o perímetro da bacia.	$Rrl = H/P$ (m m <sup>-1</sup> )	STRAHLER (1958)

### 3.3.2 Coleta e análise do recurso hídrico

Para a coleta e análise do recurso hídrico foram selecionadas as microbacias de 1ª ordem de magnitude (Figura 5), durante a elaboração do mapa base, conforme sua importância estratégica para o manancial e sua distribuição na área de estudo.

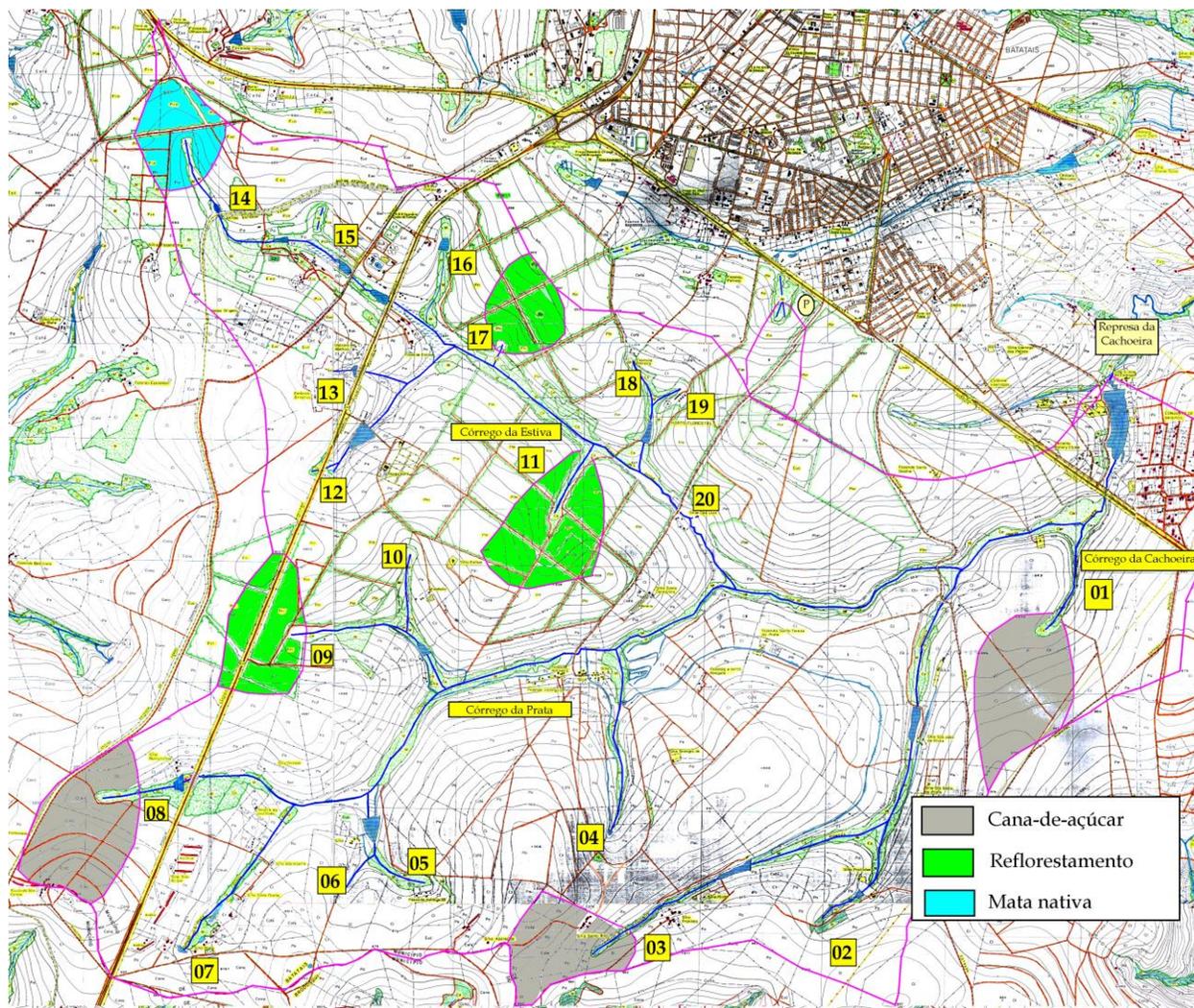


Figura 5. Microbacias de 1.ª ordem de magnitude, com diferentes usos e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Destacam-se em cores verde, cinza e azul celeste (Figura 5), as sub-bacias ou tratamentos deste projeto, que estão ocupadas pela lavoura de cana de açúcar (01, 03 e 08), pelo reflorestamento de *Pinus spp* (09, 11 e 17) e pela testemunha (14).

Em cada tratamento foi amostrada a água superficial em 5 pontos distintos e próximos de cada cabeceira de nascente (repetições). As observações *in loco* das ocorrências de atividade agrícola, fauna, flora e aspectos ligados ao recurso hídrico foram anotadas durante a coleta dos dados.

A determinação da temperatura, pH, condutividade e sólidos totais foi realizada no próprio local da coleta com o aparelho *Combo* da marca Hanna, a prova d'água, por leitura direta. O aparelho foi calibrado durante as primeiras aferições de cada coleta, aguardando a estabilização do pH, que inicialmente atingia valores altos (8,0 e 9,0) e depois abaixava até o momento da coleta do dado (Figura 6).



Figura 6. Coleta de dados de temperatura, condutividade, sólidos e pH da amostra 5, na microbacia 8, em 21 de novembro de 2008.

O recurso hídrico foi amostrado mensalmente com a coleta de água em um recipiente limpo de plástico de 500ml. Em cada repetição, o recipiente foi aberto no momento da coleta e fechado logo a seguir, identificado com o número de coleta, microbacia, repetição, data e fotografia. O recurso hídrico coletado serviu para a análise em laboratório da turbidez e do oxigênio dissolvido, com os aparelhos turbidímetro da marca Alfakit e Oxímetro da marca Hanna, respectivamente.

A coleta foi estabelecida de forma ordenada, seguindo a mesma ordem das microbacias a cada vez. Em cada microbacia, a água foi coletada de jusante a montante. Os pontos de coleta foram numerados de 5 a 1, este último mais próximo da cabeceira.

### **3.3.2.1 tratamentos dos recursos hídricos: microbacias hidrográficas**

A seleção dos pontos de coleta foi idealizada com o intuito de calcular a variação no tempo e no espaço, das variáveis físico-químicas e determinar as condições de qualidade da água e do solo.

Justifica-se a seleção das microbacias hidrográficas de 1.<sup>a</sup> ordem de magnitude pelo tipo de uso/ocupação do solo ao redor de suas nascentes, para que a água a ser analisada não receba influência direta de outra cobertura vegetal, eliminando os efeitos sobre a movimentação dos nutrientes e da qualidade da água de outro tipo de uso/ocupação do solo.

As microbacias foram numeradas e escolhidas conforme a maior porcentagem de uso e ocupação do solo com cana-de-açúcar (Figuras 1A, 2A e 3A), cultura do Pinus (Figuras 4A, 5A e 6A) ou mata (Figura 7A).

### 3.3.3 Coleta e análise do solo

Para análise do solo foram coletados dois conjuntos de amostras compostas das microbacias experimentais, nas épocas das secas e das chuvas, em 5 pontos na vertente de cada microbacia, em área de impacto predominante de cada uso/ocupação.

Em cada ponto foram coletadas, com a utilização de um trado holandês, 10 subamostras de material de solo e colocadas em um balde de plástico, para compor uma amostra composta representativa do ponto de amostragem (Figura 7).



Figura 7. Coleta de amostras compostas de solo em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

As análises do solo seguiram os critérios estabelecidos nas Normas de Amostras de Solos, de acordo com as recomendações de coleta e preparo de amostras complexas de terra determinadas por KIEHL (1979), na profundidade de 0-20 cm.

As variáveis químicas do solo analisadas foram o pH em  $\text{CaCl}_2$ , matéria orgânica (MO), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e acidez potencial (H+Al) a partir da Análise Básica, e boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) pela Análise de Micronutrientes.

Os métodos usados seguiram recomendações do Manual de Métodos de Análise de Solos (EMBRAPA, 1997). As determinações químicas foram realizadas de acordo com metodologias adotadas por RAIJ et al. (1987). O pH foi determinado potenciometricamente em solução de cloreto de cálcio  $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ , sendo utilizado a relação 1:2,5. As amostras compostas de solo em cada uso/ocupação foram analisadas no Laboratório de Análise de Solo e Planta do Departamento de Solos e Adubos da FCAV/UNESP. Todas as coletas e análises seguiram as normas e os padrões científicos aceitos internacionalmente e descritos anteriormente.

### 3.4 Análise Estatística

Para análise estatística dos dados coletados foi usado o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com sete tratamentos (microbacias), sendo três delas ocupadas pela cultura do *Pinus spp*, três pela lavoura de cana-de-açúcar e uma pela maior porção de vegetação nativa.

A análise de variância dos dados de recursos hídrico foi realizada em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com parcelas subdivididas (split-plots), considerando as microbacias como tratamento principal (parcela) e os meses como tratamento secundário (sub-parcela).

Em cada microbacia foram coletados dados das características físicas e químicas do solo e da água, com cinco repetições para cada variável. A análise de variância foi realizada com o programa AGROSTAT (BARBOSA & MALDONADO, 2009), aplicando o teste de Tukey a 5%.

O resultado final foi a construção do processo de conhecimento adquirido nas coletas e análises das variáveis, no intuito de comparar o efeito do manejo nas microbacias hidrográficas e a diferença entre duas condições ambientais que resultam da implantação do sistema produtivo e sem essa ação.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Morfometria

A área de estudo se caracteriza por ser uma drenagem fluvial contínua até o oceano (exorreica), formando cursos d'água que coincidem com a inclinação principal das camadas rochosas (consequentes), assemelhando-se a configuração de uma árvore (dendrítica), conforme CHRISTOFOLETTI (1974).

Considerando a base cartográfica do IBGE, escala 1:50000 (Figura 3) e segundo HORTON (1945), modificado por STRAHLER (1957), a área de estudo é classificada como microbacia de 4ª ordem, contendo 2 microbacias de 3ª ordem, 5 microbacias de 2ª ordem e 18 microbacias de 1ª ordem, totalizando 26 compartimentos hidrológicos.

Considerando a base cartográfica do IGC, escala 1:10000 (Figura 4), a área de estudo permanece com a mesma hierarquia fluvial do IBGE (Tabela 4), porém com sutis alterações em suas características dimensionais.

Tabela 4. Características dimensionais das microbacias de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> ordens de grandeza, obtidas com a base cartográfica do IBGE, para as microbacias do Córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Ordem (n.º)	A (km <sup>2</sup> )	P (km)	C (km)	L (km)	Cr (km)	Soma Cr (km)	Fator de forma (Ff)
W1a	0,91	3,60	1,26	0,95	0,34		0,57
W1b	0,52	3,16	0,83	1,03	0,52		0,74
W1c	0,55	3,19	0,98	0,84	0,53		0,58
W1d	0,39	2,46	0,93	0,58	0,46		0,46
W1e	0,97	4,04	1,31	1,18	0,99		0,56
W1f	3,55	9,00	3,40	1,91	2,05		0,31
W1g	2,03	5,80	2,36	1,24	1,57		0,36
W1h	0,96	3,72	1,16	1,26	0,87		0,71
W1i	1,03	4,78	1,18	1,44	0,82		0,75
W1j	1,26	4,35	1,62	1,16	0,91		0,48
W1k	1,67	5,76	1,78	1,34	0,87		0,53
W1l	1,80	5,50	1,74	1,45	1,34		0,60
W1m	1,54	5,53	1,72	1,75	1,17		0,52
W1n	1,85	6,18	2,59	1,20	1,51		0,28
W1o	0,72	3,52	1,51	0,71	0,79		0,32
W1p	1,99	7,10	3,20	1,21	2,70		0,19
W1q	1,22	4,33	1,48	1,25	1,05		0,56
W1r	1,44	5,02	1,76	1,57	0,96	19,41	0,46
W2a	1,33	5,22	1,46	1,59	1,63		0,62
W2b	9,62	14,86	5,42	3,26	8,01		0,32
W2c	2,59	6,32	1,91	2,26	2,12		0,71
W2d	7,03	19,33	3,42	2,89	5,01		0,60
W2e	5,75	12,08	4,40	2,02	5,88	22,65	0,30
W3a	12,64	17,57	6,65	3,22	11,25		0,29
W3b	15,26	15,85	5,95	3,76	12,08	23,32	0,43
W4	40,89	32,03	9,48	9,90	33,71	33,71	0,45

O fator de forma das microbacias de 1<sup>a</sup> ordem variou de 0,19 a 0,75, as de 2<sup>a</sup> ordem entre 0,32 e 0,71, e as de 3<sup>a</sup> ordem entre 0,29 e 0,43 (Tabela 4). Os comprimentos médios dos rios foram calculados e as características relativas à forma da bacia, aos componentes da rede hidrográfica e a textura da topografia foram interpretados.

O parâmetro com maior alteração foi o comprimento total da rede drenagem (Tabela 5), que aumentou de 33,71 km para 34,97 km entre as escalas e para 35,54 km

de extensão na verdade de campo da microbacia de 4ª ordem, com coeficiente de variação de 2,70%.

Tabela 5. Características dimensionais da microbacia do Córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Características	IBGE	IGC	Campo	Medias	DP	CV (%)
Área de drenagem (km <sup>2</sup> )	40,89	40,69	40,69	40,76	0,12	0,28
Perímetro (km)	32,03	33,83	33,83	33,23	1,04	3,13
Comprimento (km) >	9,49	9,46	9,46	9,47	0,02	0,18
Largura (km) >	9,90	10,01	10,01	9,97	0,06	0,64
Comprimento total da rede de drenagem (km)	33,71	34,97	35,54	34,74	0,94	2,70
Comprimento médio da rede de drenagem (m)	1296,48	1344,89	1184,55	1275,31	82,24	6,45
Coeficiente de Compacidade	1,40	1,48	1,48	1,45	0,05	3,18
Fator de forma	0,45	0,46	0,46	0,46	0,01	1,26
Índice de Circularidade	0,50	0,45	0,45	0,47	0,03	6,19

IBGE - escala 1:50.000; IGC - escala 1:10.000; Campo - Medida de Campo. DP: desvio padrão. CV: coeficiente de variação.

O baixo valor do fator de forma (0,45) para a microbacia de 4ª ordem define uma bacia mais alongada que circular, fato amparado pelo distanciamento do coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) e do índice de circularidade ( $I_c$ ) da unidade. CARDOSO et al. (2006), denotam que o distanciamento dos valores de  $K_c$  e  $I_c$  da unidade, indicam menor tendência da microbacia ter a forma circular e menor susceptibilidade à enchentes mais acentuadas. O pequeno aumento na largura e a pequena redução no comprimento demonstram diferenças sutis entre as bases cartográficas.

TONELLO et al. (2006), citam que a forma da microbacia é importante na determinação do tempo de concentração, ou seja, o tempo necessário para que toda a bacia contribua para a sua saída após uma precipitação e que, quanto maior o tempo de concentração menor a vazão máxima de enchente. Assim, considerando esse menor

risco às enchentes acentuadas, a tendência é de menor risco de assoreamentos dos cursos d'água, e, conseqüentemente, da degradação ambiental da rede de drenagem.

Segundo CARDOSO et al. (2006), a densidade de drenagem é um fator importante na indicação do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem de uma microbacia. Analisando as características do padrão de drenagem (Tabela 7), observa-se que a densidade de drenagem (Dd) é considerada baixa, com valor médio de 0,85 km km<sup>-2</sup> (VILLELA & MATTOS, 1975).

O aumento no comprimento da rede de drenagem nas microbacias de 3ª e 4ª ordens e a diminuição nas microbacias de 1ª e 2ª ordens é devido à inserção de um novo canal nesta microbacia de 1ª ordem, tornando-a uma microbacia de 2ª ordem de grandeza num ponto mais próximo à nascente, com área menor que a inicial.

O aumento do número de tributários na mesma área reduz a relação de bifurcação (de 3,6 para 2,86) e a relação do comprimento médio (de 4,20 para 3,31) das microbacias de 1ª ordem em relação às microbacias de 2ª ordem (Tabela 6).

Tabela 6. Razão de bifurcação (Rb) e Relação do comprimento médio (RLm) entre cada ordem da microbacia do Córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Características	Escala	1/2	2/3	3/4	Medias	DP	CV (%)
Razão de bifurcação	IBGE	3,60	2,50	2,00	2,70	0,82	30,32
	IGC	3,60	2,50	2,00	2,70	0,82	30,32
	Campo	2,86	3,50	2,00	2,79	0,75	27,01
Relação do comprimento médio	IBGE	4,20	2,60	2,89	3,22	0,86	26,82
	IGC	4,29	2,60	2,97	3,27	0,91	27,77
	Campo	3,31	4,10	2,94	3,45	0,59	17,03

IBGE - escala 1:50.000; IGC - escala 1:10.000; Campo - Medida de Campo. DP: desvio padrão. CV: coeficiente de variação.

O aumento no número de compartimentos de 2ª ordem interfere no aumento do valor da relação das variáveis com as microbacias de 3ª ordem.

RODRIGUES (2004) comenta que, quanto menor a razão de bifurcação da microbacia hidrográfica, desde que, conservada, menor será a tendência do escoamento superficial das águas pluviais e, conseqüentemente, maior será a capacidade de infiltração da água no solo.

Os baixos valores da freqüência de rios (0,67) e da razão de textura (0,82), com coeficiente de variação considerados baixos (Tabela 7) indicam menor número de canais no terreno, confirmado nos valores da razão de bifurcação (Rb), com média de 2,79 na verdade de campo (Tabela 6).

Tabela 7. Características do padrão de drenagem da microbacia do Córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Características	IBGE	IGC	Campo	Medias	DP	CV (%)
Densidade de drenagem	0,82	0,86	0,87	0,85	0,03	3,11
Freqüência de rios	0,64	0,64	0,74	0,67	0,06	8,57
Razão de textura	0,81	0,77	0,89	0,82	0,06	7,42
Extensão de percurso superficial	0,61	0,58	0,57	0,59	0,02	3,55
Coeficiente de manutenção	1213,10	1163,83	1145,18	1174,04	35,09	2,99

IBGE - escala 1:50.000; IGC - escala 1:10.000; Campo - Medida de Campo. DP: desvio padrão. CV: coeficiente de variação.

Em um mesmo ambiente climático, o comportamento hidrológico das rochas repercute na densidade de drenagem. Nas rochas onde a infiltração encontra maior dificuldade, haverá o escoamento superficial, gerando possibilidade para a esculturação de canais, e, como conseqüência, densidade de drenagem mais elevada. O contrário ocorre com as rochas de granulometria grossa (CHRISTOFOLETTI, 1974).

Esses baixos valores da densidade de drenagem, freqüência de rios e razão de textura geralmente estão associados a regiões de rochas permeáveis (TONELLO et al., 2006), que facilitam a infiltração da água no solo, diminuindo o escoamento superficial e o risco à erosão e à degradação ambiental, aumentando a relação entre a infiltração e o deflúvio.

Em nosso caso, o resultado  $0,81 \text{ rios km}^{-1}$  da razão de textura indica classe topográfica grosseira. O valor obtido para a extensão de percurso superficial de 610 m, representa a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal principal da rede de drenagem.

O coeficiente de manutenção representa a área mínima necessária para a manutenção de 1 m de canal de escoamento (SCHUMM, 1956), é considerado como um dos índices mais importantes do sistema de drenagem e o valor de  $1263,93 \text{ m}^2 \text{ m}^{-1}$ , indica que, de uma maneira geral, essa bacia é rica em cursos d'água.

O valor médio da extensão de percurso superficial e do coeficiente de manutenção é considerada alta e seus valores elevados confirmam a presença de solos mais permeáveis. SANTOS & SOBREIRA (2008), estudando regiões de baixa capacidade de infiltração de água obtiveram valores de  $178,2 \text{ m}^2 \text{ m}^{-1}$  para o coeficiente de manutenção (Cm) e 89,3 m para a extensão do percurso superficial (Eps), considerados baixos para uma microbacia de  $35 \text{ km}^2$  e de 6ª ordem de grandeza.

A razão de relevo estabelece a relação entre a diferença de altitudes máxima e mínima na bacia e o comprimento total do canal principal (SCHUMM, 1956). A baixa amplitude altimétrica (Tabela 8) resultou em baixos valores para a razão de relevo e para a razão de relevo relativo. Os baixos valores da média, desvio padrão e coeficiente de variação obtidos sugerem uma microbacia com relevo relativamente suave.

Tabela 8. Características do relevo da microbacia do Córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Características	IBGE	IGC	Campo	Medias	DP	CV (%)
Maior Altitude (m)	910	908	908	908,67	1,15	0,13
Menor Altitude (m)	782	800	800	794,00	10,39	1,31
Amplitude Altimétrica (m)	128	108	108	114,67	11,55	10,07
Razão de relevo	0,0135	0,0114	0,0114	0,0121	0,0012	10,02
Razão de relevo relativo	0,0040	0,0032	0,0032	0,0035	0,0005	13,32

IBGE - escala 1:50.000; IGC - escala 1:10.000; Campo - Medida de Campo. DP: desvio padrão. CV: coeficiente de variação.

#### 4.1.1 Uso e ocupação do solo

O córrego da Estiva é o talvegue de uma microbacia de 3ª ordem. O reflorestamento do gênero *Pinus* ocupa a maior porção dessa microbacia, em área pertencente ao Instituto Florestal de São Paulo, denominada Floresta Estadual de Batatais (SÃO PAULO, 1999b). Esta propriedade possui 1478,55 ha ou 36% da área de estudo.

O córrego da Prata é a outra microbacia de 3ª ordem, onde existe o predomínio da lavoura de cana de açúcar. A diferença entre o comprimento do talvegue do córrego da Prata e o córrego da Estiva é de 225,34 m, sendo que, cada um possui 2 microbacias de 2ª ordem.

As áreas de preservação permanente (APP) compreendem uma faixa de 50m no entorno das nascentes e de 30m ao longo das margens dos cursos d'água, demarcadas a partir do maior leito sazonal (várzea) desses corpos d'água.

Segundo CHRISTOFOLETTI (1974), os leitos fluviais correspondem aos espaços que podem ser ocupados pelo escoamento das águas e, no que tange ao perfil transversal nas planícies de inundação, podemos distinguir os seguintes: *leito de vazante*, que está incluído no leito menor e é utilizado para o escoamento das águas baixas acompanhando o talvegue; *leito menor*, que é bem delimitado e encaixado entre margens geralmente bem definidas; *leito maior periódico ou sazonal*, que é regularmente ocupado pelas cheias, ao menos uma vez por ano e; *leito maior excepcional*, por onde correm as cheias mais elevadas, as enchentes.

Posto isso, considerando uma faixa de 60 metros a partir do maior leito sazonal ao longo de 33708 m de extensão da rede de drenagem, obtemos 2022480 m<sup>2</sup> ou 202,25 ha de APP dos cursos d'água. Da mesma forma, considerando 8000 m<sup>2</sup> para cada uma das 18 nascentes principais, obtemos 14,4 ha, totalizando 216,65 ha ou 2,16 km<sup>2</sup> de APP.

A soma das áreas de APP representam 5% da área total da microbacia, equivalente ao encontrado por SILVA et al. (2007), que durante estudo de uso e

ocupação do solo em 5 bacias hidrográficas do Estado de São Paulo, obtiveram o valor de 7% do total da área de estudo ocupado pela faixa de 30 m de APP em cada margem, sendo que 75% dessa área necessitava de restauração e 25% estava realmente ocupada com vegetação ripária.

Durante os trabalhos de campo, ao longo do período de coleta, observamos que a exploração agrícola e florestal avançou até o limite da mecanização, chegando, no passado, a sistematizar (drenar) as áreas de várzea e implantar a agricultura no lugar da vegetação nativa.

A região é caracterizada pela ocorrência de floresta estacional semidecidual (SÃO PAULO, 1999a), cerrado e ecotono desses biomas, que é a região representativa da transição da floresta estacional semidecidual para o cerrado.

Hoje, a vegetação nativa ocupa a área com o solo hidromórfico da rede de drenagem, formando a chamada mata paludosa ou zona ripária. Os raros fragmentos florestais nativos, ocupando área fora da rede drenagem, podem compor a reserva legal de cada propriedade.

A malha rodoviária de carregadores de escoamento da produção agrícola, que se interligam à 4 estradas municipais e 2 rodovias estaduais, oferece o maior risco de erosão do solo e assoreamento dos cursos d'água.

Posicionada entre dois centros urbanos, o parcelamento do solo para formação de bairros e distritos industriais exercem grande pressão sobre a ocupação do solo desta área especial. A localização do aterro sanitário de Batatais no divisor topográfico desta microbacia, próximo à nascente principal do Córrego da Estiva, é um dos maiores problemas ambientais deste manancial.

## 4.2 Recurso Hídrico

### 4.2.1 Temperatura

A temperatura é uma importante variável que sofre influência de inúmeros fatores, tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade do leito, que a fazem variar continuamente.

A temperatura influi no retardamento ou aceleração da atividade biológica, crescimento e reprodução dos peixes e plantas, absorção de oxigênio, precipitação de compostos, formação de depósitos, desinfecção por cloro, entre outros. Variações drásticas da temperatura da água podem levar os peixes à morte.

Durante o ano de estudo desta variável para os diferentes manejos, no mês de julho de 2008 ocorreu a menor temperatura média (15,3°C) na microbacia com maior ocupação de mata, e no mês de fevereiro a maior temperatura média (22,5°C) em microbacia ocupada com a cultura da cana-de-açúcar (Figura 8).

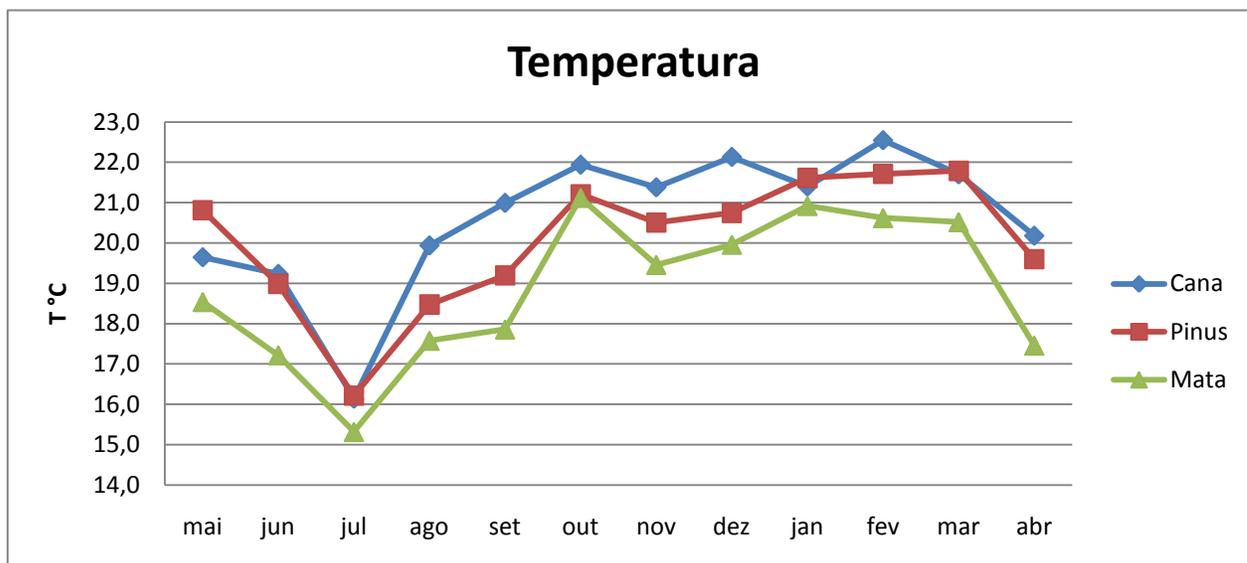


Figura 8. Médias de temperatura (°C) em diferentes manejos em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Nas microbacias com diferentes manejos, ao longo do ano de estudo, as maiores temperaturas foram registradas em áreas onde predomina o uso da cultura de cana-de-açúcar, quando comparado aos usos da cultura de Pinus e área com mata. Esse fato reflete a maior incidência da radiação solar no ambiente de uso da cultura de cana-de-açúcar, tendo em vista menor cobertura vegetal no recurso hídrico.

Na análise de variância dos dados de temperatura da água (Tabela 9), o teste F foi significativo ao nível de 1% de probabilidade, indicando que devemos rejeitar a hipótese de nulidade e concluir que, as microbacias diferem entre si em relação à temperatura, assim como os meses também diferem entre si em relação à temperatura, e que as microbacias e os meses não agem de maneira independente com relação à temperatura, com grau de confiança superior a 99,9% ( $p < 0,0001$ ).

Tabela 9. Análise de Variância para efeitos principais (microbacias) e interação (meses) para a variável temperatura.

CV	GL	SQ	QM	F	P
Microbacias	6	184,53	30,76	24,71**	< 0,0001
Resíduo (a)	28	34,85	1,24		
Parcelas	34	219,38			
Meses	11	1067,37	97,03	795,13**	< 0,0001
Mic x Mês	66	190,67	2,89	23,67**	< 0,0001
Resíduo (b)	308	37,58	0,12		
Total	419	1.515,01			

CV: causas de variação; GL: grau de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; F: teste F; P: valor de p; \*\* = 1%.

Como os tratamentos são diferentes entre si, aplicou-se o teste de Tukey (5%) para a diferenciação entre elas (Tabela 10), e obtivemos o desvio padrão, coeficiente de variação, valor mínimo e máximo das médias de temperatura (°C) ao longo do ano, em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Tabela 10. Médias, teste de Tukey (5%), desvio padrão, coeficiente de variação, valor mínimo e máximo das médias de temperatura (°C) para diferentes manejos, em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Usos	Cana de açúcar				Pinus		Mata
	B1	B3	B8	B9	B11	B17	B14
Médias	20,5	20,7	20,6	20,7	19,5	20,0	18,9
Tukey 5%	ab	a	ab	a	cd	bc	d
Desvio padrão	1,6	1,5	2,3	1,5	2,3	1,3	1,8
Coef. de Var.	7,9	7,0	11,2	7,3	12,0	6,7	9,6
Mínimo	16,7	17,1	14,6	16,7	14,4	17,5	15,3
Máximo	22,3	22,6	23,0	22,6	21,6	21,4	21,1

B1: microbacia 1; B3: microbacia 3; B8 microbacia 8; B9 microbacia 9; B11 microbacia 11; B14 microbacia 14; B17 microbacia 17.

BUENO et al. (2005) observaram valores entre 20,4 a 23,7°C em condições naturais de mata, ligeiramente maiores que os valores obtidos em Batatais, onde a média mínima atingiu 18,9°C. Essa diferença pode ser explicada pela menor altitude de Conchal (578 m) em relação a Batatais (880 m). PISSARRA et al. (2008) registraram valores médios entre 18,5 e 24,9°C, semelhantes a região de estudo.

O recurso hídrico da B14, com ocupação de mata, apresentou os menores valores dos tratamentos de novembro de 2008 a abril de 2009, caracterizando que a cobertura vegetal mantém a temperatura menor que as áreas de uso agrícola.

Os valores médios de temperatura da água observados por Bueno et al. (2005) em matas (22,2°C) e em reflorestamento com Eucalipto (22,7°C) são maiores que os encontrados neste estudo, onde foram obtidos valores de 18,9°C em mata e 20,7°C em cana-de-açúcar e Pinus.

Por outro lado, os valores médios de 17,8°C observados por ARCOVA et al. (2002), para bacias com uso do solo diversificado na microbacia do rio Paraibuna, são menores que a média dos tratamentos obtidos em Batatais. Entre as microbacias com diferentes manejos, a temperatura na condição natural tende a ser menor (ARCOVA et al., 2002).

Os valores médios, o teste de Tukey 5%, desvio padrão, coeficiente de variação, valor mínimo e máximo ao longo do ano são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11. Valores médios de temperatura (°C), teste de Tukey (5%), desvio padrão (DP), coeficiente de variação (CV), valor mínimo e máximo ao longo do ano, em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Meses	Médias	Tukey 5%	DP	CV	Min	Max
Mai	20,0	e	1,0	4,9	18,5	21,1
Jun	18,8	g	1,1	5,9	17,2	20,2
Jul	16,1	h	1,3	7,8	14,4	17,5
Ago	19,0	g	1,2	6,5	17,6	20,3
Set	19,8	ef	1,7	8,5	17,0	21,1
Out	21,5	b	0,6	2,7	20,8	22,6
Nov	20,7	d	0,8	3,9	19,5	21,6
Dez	21,2	c	1,0	4,7	20,0	22,9
Jan	21,4	bc	0,3	1,6	20,9	21,8
Fev	21,9	a	0,8	3,6	20,6	23,0
Mar	21,6	b	0,7	3,3	20,5	22,6
Abr	19,5	f	1,1	5,4	17,5	20,3

Os valores de temperatura ao longo do ano foram influenciadas pelas estações do ano, isto é, menores valores nos meses mais secos, de abril a setembro, e maiores valores nos meses mais chuvosos, de outubro a março.

O maior valor médio de temperatura da água foi 23,0°C, obtido no mês de fevereiro de 2009, às 9:00 horas, na microbacia B8. Os menores valores foram registrados nas microbacias B8 (14,6°C) às 9:00 horas, e B11 (14,4°C), às 14:00 horas, no mês de julho de 2008 (Figura 9).

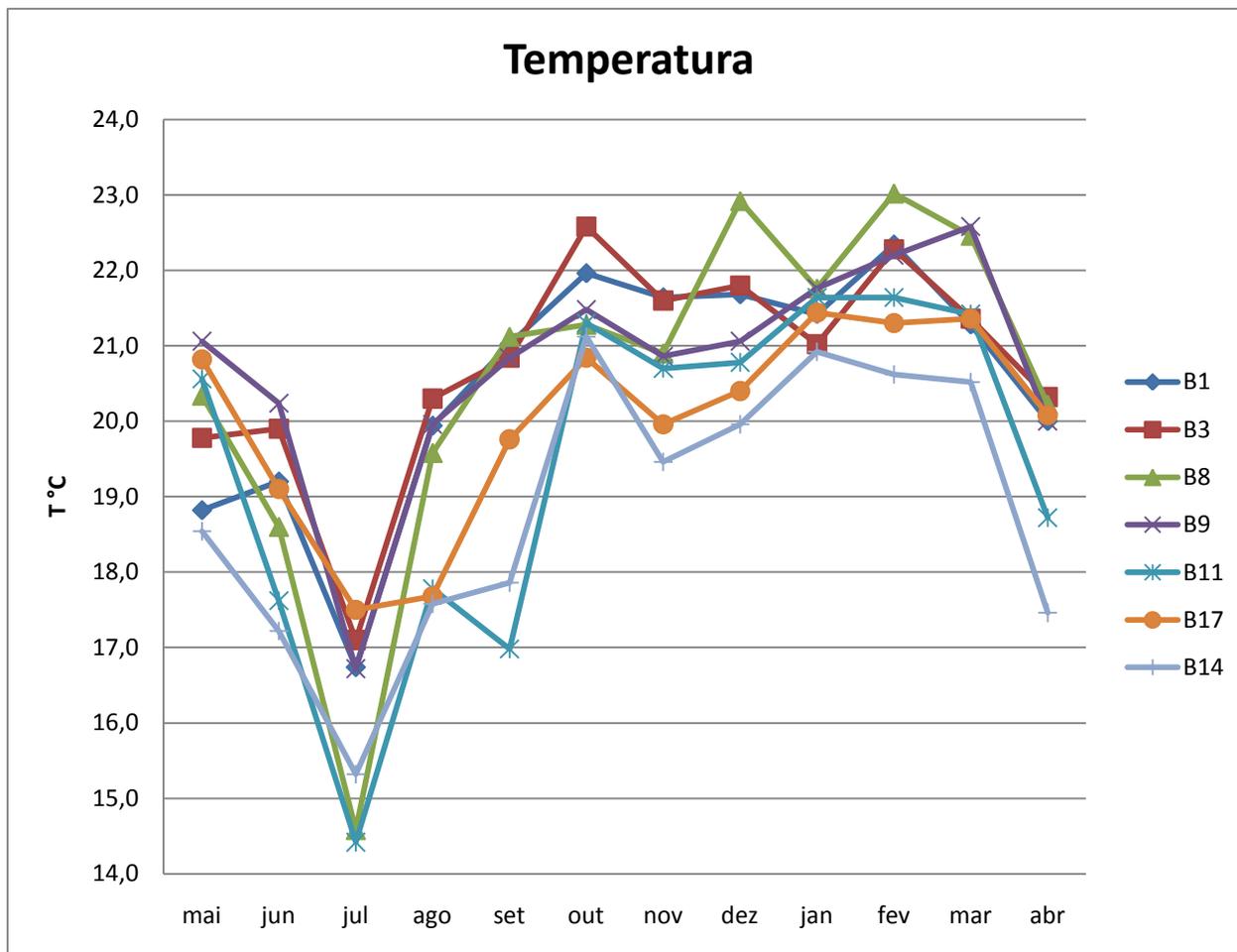


Figura 9. Valores médios de temperatura (°C) ao longo do ano em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

A estação meteorológica da Floresta Estadual de Batatais não registrou ocorrência de chuva durante o mês de julho, época de inverno, quando é comum ocorrer períodos de seca prolongada. A maior amplitude nos valores obtidos na microbacia B8 reflete a falta de cobertura vegetal protegendo a cabeceira da nascente.

SOUZA et al. (2007) comentam que a elevada temperatura da água observada na Estação Ecológica de Ribeirão Preto é decorrente do clima da região, onde a temperatura média anual é de 22,6°C, variando de 19,2°C em junho e julho a 24,4°C em fevereiro.

#### 4.2.2 Oxigênio dissolvido

A solubilidade do oxigênio na água, assim como a dos demais gases, depende da temperatura e da pressão (ESTEVES, 1988). De maneira geral, as médias dos valores de oxigênio dissolvido observadas de maio de 2008 a abril de 2009 (Figura 10), tiveram concentrações entre 5,6 a 6,4 mg L<sup>-1</sup> em maio (início), e entre 3,3 a 3,8 mg L<sup>-1</sup> em abril (final), mostrando decréscimo das concentrações ao longo do ano observado. A Resolução Conama 357, de 17 de março de 2005, estabelece que os rios de classes 1 e 2 devem ter o mínimo de 5,0 mg L<sup>-1</sup> de oxigênio dissolvido.

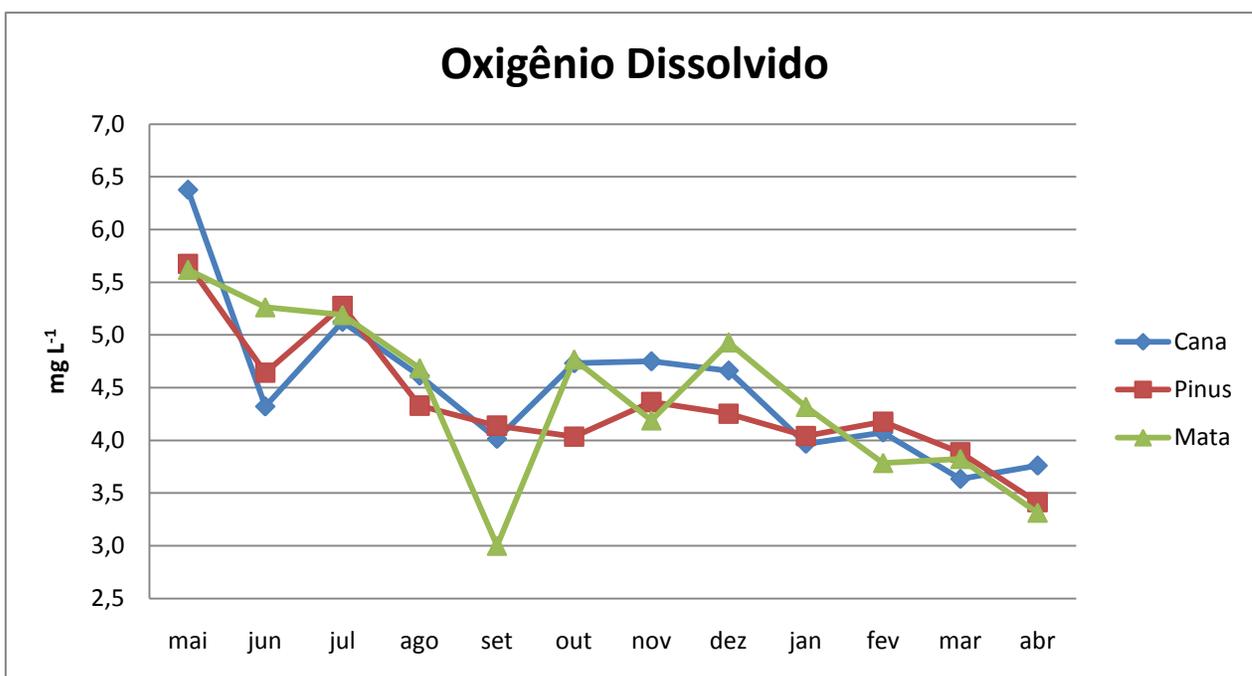


Figura 10. Médias de oxigênio dissolvido (OD) em diferentes manejos em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

O oxigênio dissolvido em setembro, no manejo de mata, apresentou o menor valor de 3,0 mg L<sup>-1</sup>, tendo em vista a época do ano caracterizar o final do período de seca sazonal, onde o déficit hídrico é maior e o reservatório de água no lençol freático está em seu nível mais baixo. A coleta do mês de setembro, na microbacia 14, foi realizada antes da 1ª chuva, após a período de estiagem prolongada (seca).

Na análise de variância dos dados de oxigênio dissolvido (Tabela 12), o teste F foi significativo ao nível de 1% de probabilidade, indicando que devemos rejeitar a hipótese de nulidade e concluir que, as microbacias diferem entre si em relação ao oxigênio dissolvido, assim como os meses também diferem entre si em relação ao oxigênio dissolvido, e que as microbacias e os meses não agem de maneira independente com relação ao oxigênio dissolvido, com grau de confiança superior a 99,9% ( $p < 0,0001$ ).

Tabela 12. Análise de Variância para efeitos principais (microbacias) e interação (meses) para a variável oxigênio dissolvido.

CV	GL	SQ	QM	F	P
Microbacias	6	6,36	1,06	4,43**	< 0,0029
Resíduo (a)	28	6,70	0,24		
Parcelas	34	13,06			
Meses	11	166,24	15,11	97,95**	< 0,0001
Mic x Mês	66	44,11	0,69	4,33**	< 0,0001
Resíduo (b)	308	47,52	0,15		
Total	419	270,93			

CV: causas de variação; GL: grau de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; F: teste F; P: valor de p. \*\* = 1%.

Como os tratamentos são diferentes entre si, aplicou-se o teste de Tukey (5%) para a diferenciação entre eles e obtivemos o desvio padrão, coeficiente de variação, valor mínimo e máximo das médias de oxigênio dissolvido ao longo do ano, em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

A média de concentração de oxigênio entre os tratamentos variou de 4,2 a 4,6 mg L<sup>-1</sup>, mostrando ser baixa quando comparada com os valores obtidos para a mata atlântica, entre 8,0 e 9,0 mg L<sup>-1</sup> (CICCO et al., 2007). Os maiores valores foram registrados nas microbacias com uso da cultura de cana-de-açúcar, e as maiores amplitudes nas microbacias com uso da cultura de Pinus (Tabela 13).

Tabela 13. Médias, teste de Tukey (5%), desvio padrão, coeficiente de variação, valor mínimo e máximo das médias de oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) ao longo do ano, em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Usos	Cana de açúcar				Pinus		Mata
	B1	B3	B8	B9	B11	B17	B14
Médias	4,5	4,6	4,3	4,4	4,4	4,2	4,4
Tukey 5%	ab	a	bc	abc	abc	c	abc
Desvio padrão	0,8	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,8
Coef. de Var.	18,2	15,8	17,1	14,6	14,9	17,5	18,4
Mínimo	3,9	3,9	3,1	3,2	3,0	2,9	3,0
Máximo	6,9	6,4	5,9	5,7	5,7	5,6	5,6

B1: microbacia 1; B3: microbacia 3; B8 microbacia 8; B9 microbacia 9; B11 microbacia 11; B14 microbacia 14; B17 microbacia 17.

A microbacia B17 apresentou o menor valor para a variável oxigênio dissolvido ( $2,9 \text{ mg L}^{-1}$ ) no mês de outubro de 2008 (Figura 11).

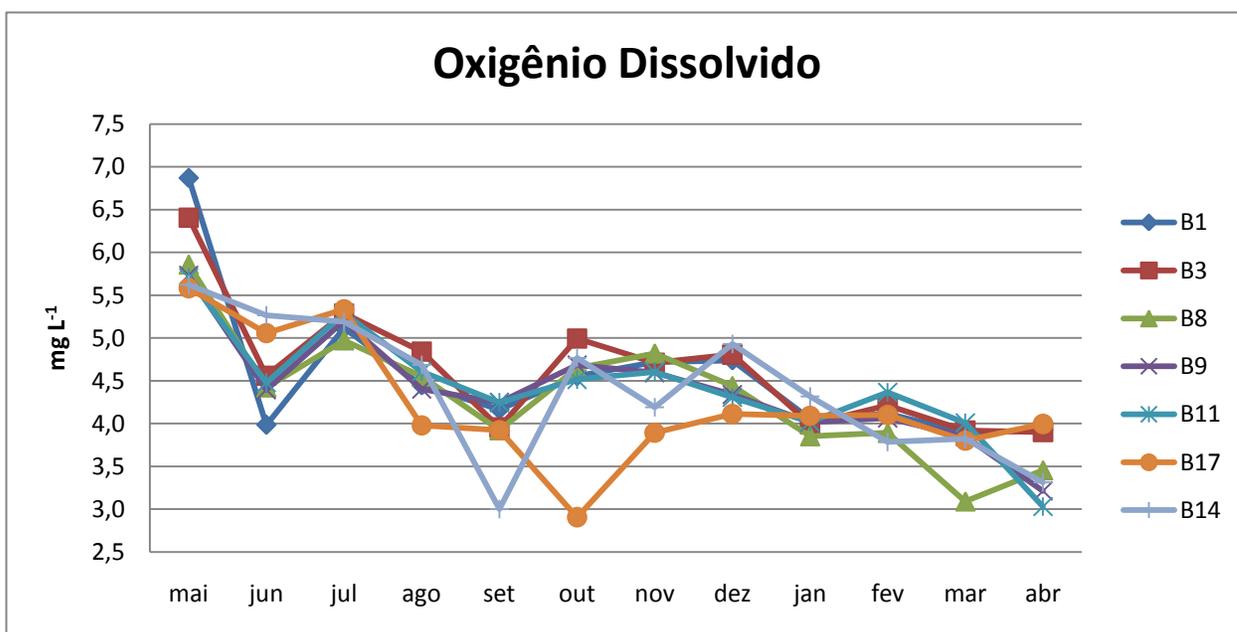


Figura 11. Médias de oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) ao longo do ano em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Essa condição ocorreu com seu maior valor de turbidez, que, resultou em menor radiação solar no corpo hídrico, redução da taxa de fotossíntese da vegetação submersa, suprimindo as atividades da fauna aquática (CETESB, 1997).

As menores taxas de concentração de oxigênio dissolvido, nos meses de setembro e outubro de 2008, foram observadas nas microbacias B14 (3,0 mg L<sup>-1</sup>) e B17 (2,9 mg L<sup>-1</sup>), caracterizadas pela ocupação com mata e pinus, respectivamente

Os dados das microbacias 8 (cana) e 11 (pinus) foram coletados depois das primeiras chuvas, elevando o valor médio de oxigênio dissolvido para esses usos, quando comparado com a mata (testemunha), coletada antes desta 1ª chuva.

A escolha dos pontos de coleta priorizou o ponto mais alto de cada cabeceira de nascente, fato que, ocasionou redução do reservatório de água no lençol freático, principalmente nas microbacias 14 e 17 (Tabela 14).

Tabela 14. Valores médios de oxigênio dissolvido (mg L<sup>-1</sup>), teste de Tukey (5%), desvio padrão (DP), coeficiente de variação (CV), valor mínimo e máximo ao longo do ano, em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Meses	Médias	Tukey 5%	DP	CV	Min	Max
Mai	6,0	a	0,5	8,1	5,6	6,9
Jun	4,6	c	0,4	9,4	4,0	5,3
Jul	5,2	b	0,1	2,4	5,0	5,3
Ago	4,5	c	0,3	6,1	4,0	4,8
Set	3,9	de	0,4	11,0	3,0	4,2
Out	4,4	c	0,7	15,6	2,9	5,0
Nov	4,5	c	0,3	7,5	3,9	4,8
Dez	4,5	c	0,3	6,7	4,1	4,9
Jan	4,0	de	0,1	3,5	3,9	4,3
Fev	4,1	d	0,2	4,7	3,8	4,4
Mar	3,8	ef	0,3	8,1	3,1	4,0
Abr	3,5	f	0,4	11,0	3,0	4,0

CICCO et al. (2007) observaram que em microbacia ocupada com a mata atlântica (rio Paraibuna) a média de temperatura é menor em 1°C e a concentração de oxigênio dissolvido é elevado, quando comparado com microbacia sem esse uso (rio Paraitinga).

No período que a concentração de oxigênio dissolvido foi decrescendo (julho a março) observou-se um acréscimo nos valores de temperatura. Os dados obtidos para a área em estudo são semelhantes com os obtidos por BUENO et al. (2005) na região de Conchal, que possui as mesmas características climáticas, de solo e de vegetação.

#### 4.2.3 pH

As microbacias ocupadas pelo reflorestamento com pinus obtiveram as maiores médias de pH em todos os meses, seguido pelas ocupadas com cana de açúcar e mata nativa (Figura 12). A média para a área de mata no mês de setembro foi maior que o manejo da cana, provavelmente, devido ao menor volume de água no ponto amostral.

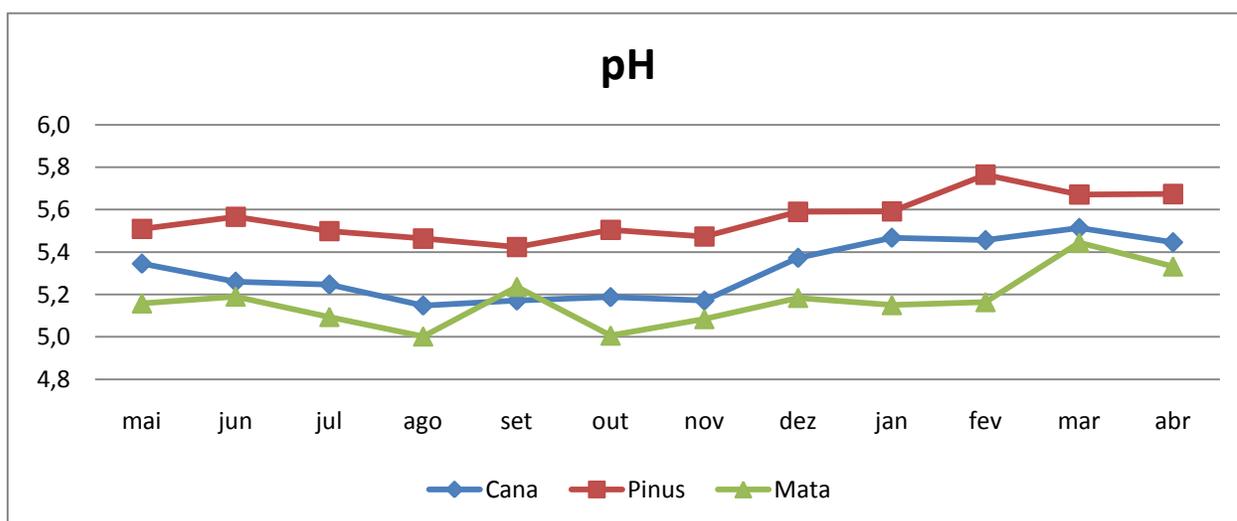


Figura 12. Médias de pH em diferentes manejos em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Na análise de variância dos dados de pH da água (Tabela 15), o teste F foi significativo ao nível de 1% de probabilidade, indicando que devemos rejeitar a hipótese de nulidade e concluir que as microbacias diferem entre si em relação ao pH, assim como os meses também diferem entre si, e que as microbacias e os meses não agem de maneira independente com relação ao pH, com grau de confiança superior a 99,9% ( $p < 0,0001$ ).

Tabela 15. Análise de Variância para efeitos principais (microbacias) e interação (meses) para a variável pH.

CV	GL	SQ	QM	F	P
Microbacias	6	25,66	4,28	13,34**	< 0,0001
Resíduo (a)	28	8,97	0,32		
Parcelas	34	34,63			
Meses	11	4,69	0,43	26,91**	< 0,0001
Mic x Mês	66	3,48	0,05	3,33**	< 0,0001
Resíduo (b)	308	4,88	0,02		
Total	419	47,67			

CV: causas de variação; GL: grau de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; F: teste F; P: valor de p. \*\* = 1%.

O pH variou ao longo do ano entre 5,2 e 5,9 (Tabela 16), com maiores valores entre todas as médias obtidos na microbacia 17, que é ocupada pelo reflorestamento com Pinus, e que apresentou a menor umidade de solo nos meses de setembro, outubro e novembro. A mata apresentou a menor média de pH ao longo do ano.

Como os tratamentos são diferentes entre si, aplicou-se o teste de Tukey (5%) para a diferenciação entre eles (Tabela 16) e obtem-se o desvio padrão, coeficiente de variação, valor mínimo e máximo de pH ao longo do ano, em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Tabela 16. Médias, Tukey 5%, desvio padrão, coeficiente de variação, valor mínimo e máximo de pH ao longo do ano, em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Usos	Cana de açúcar				Pinus		Mata
	B1	B3	B8	B9	B11	B17	B14
Médias	5,2	5,2	5,6	5,3	5,5	5,9	5,2
Tukey 5%	d	cd	ab	bcd	bc	a	d
Desvio padrão	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
Coef. de Var.	2,6	1,5	3,8	3,7	2,1	2,0	2,4
Mínimo	5,0	5,1	5,3	5,0	5,3	5,7	5,0
Máximo	5,4	5,4	5,9	5,7	5,7	6,0	5,4

B1: microbacia 1; B3: microbacia 3; B8 microbacia 8; B9 microbacia 9; B11 microbacia 11; B14 microbacia 14; B17 microbacia 17.

Para microbacias ocupadas com mata atlântica CICCIO et al. (2007) obtiveram valores de pH pouco acima de 6,0, resultado próximo ao obtido por BUENO et al (2005) em microbacias de mata e eucalipto. SANTOS et al. (2007) encontraram valores mais altos, entre 7,2 e 8,1.

A Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004), em seu artigo 16, § 1º, recomenda que no sistema de distribuição o pH seja mantido entre 6,0 a 9,5, conforme os valores ideais para a sobrevivência de organismos.

Os baixos valores de pH podem estar relacionados a solo arenoso, com pouca reserva de minerais (SOUZA et al., 2007). No item 4.3, referente à análise química dos solos das microbacias deste estudo, os valores de pH estão entre 3,8 (Pinus) e 4,8 (cana), fato que pode ter influenciado o valor do pH do recurso hídrico.

As maiores médias de pH foram observadas no final das águas (fevereiro e março). A partir daí decresce até o final da seca, quando alcança a menor média em julho, mês de menor temperatura e maior seca. As médias, teste de Tukey (5%), desvio padrão, coeficiente de variação, valor mínimo e máximo de pH ao longo do ano são apresentados na Tabela 17.

Tabela 17. Valores de média, teste de Tukey (5%), desvio padrão (DP), coeficiente de variação (CV), valor mínimo e máximo de pH ao longo do ano, em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Meses	Médias	Tukey 5%	DP	Cf Var	Min	Max
Mai	5,4	cd	0,3	4,8	5,2	5,9
Jun	5,4	cde	0,3	5,6	5,1	6,0
Jul	5,3	def	0,3	5,9	5,1	5,9
Ago	5,3	f	0,4	7,0	5,0	6,0
Set	5,3	ef	0,3	5,0	5,0	5,7
Out	5,3	ef	0,2	4,6	5,0	5,7
Nov	5,3	ef	0,2	4,2	5,0	5,7
Dez	5,4	bc	0,3	5,4	5,2	6,0
Jan	5,5	abc	0,3	5,1	5,2	5,9
Fev	5,5	a	0,3	6,1	5,2	6,0
Mar	5,6	a	0,2	4,2	5,3	5,9
Abr	5,5	ab	0,2	4,3	5,3	6,0

A curva dos valores de temperatura para a microbacia B8 tem seu ponto de inversão a partir do mês de novembro, a microbacia 9 a partir do mês de setembro, a testemunha (mata) a partir do mês de outubro, elevando ao valores de pH de acordo com o aumento da pluviosidade (Figura 13).

Os valores de pH obtidos para os tratamentos de mata são considerados baixos e podem ser devido a íons de hidrogênio desprendidos durante a dissociação dos ácidos carbônicos, que geram baixos valores de pH (ESTEVES, 1988).

A presença de ácido carbônico é resultante da introdução de gás carbônico pelas águas das chuvas, ar atmosférico, matéria orgânica do solo, e principalmente, matéria orgânica da área de mata que é consumida e oxidada pela água (BRANCO, 1986 citado por BUENO, 2007). Essa elevada carga orgânica na água aumenta a temperatura e diminui o pH e a concentração de oxigênio.

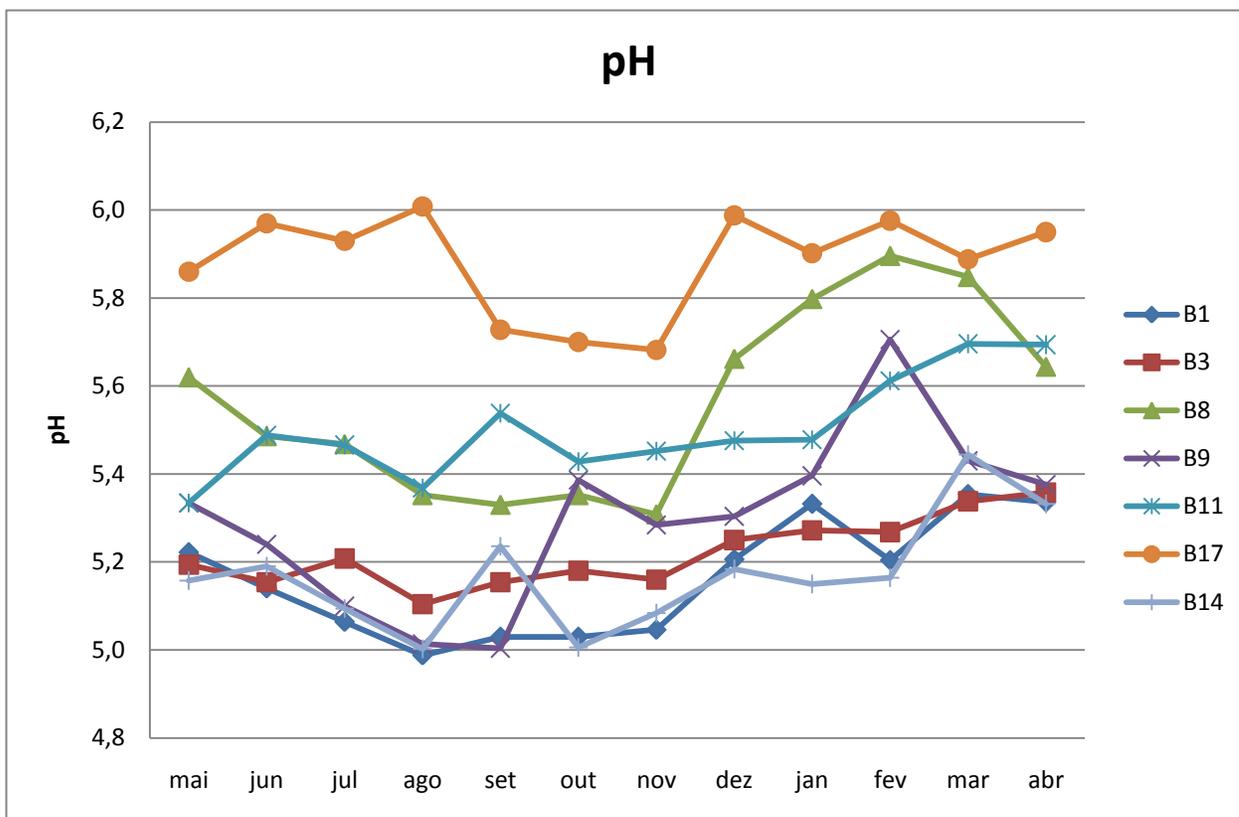


Figura 13. Médias de pH ao longo do ano em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Os coeficientes de variação entre os meses de coleta (Tabela 11) e os tratamentos (Tabela 12) são baixos, e indicam pouca variação dentro dos tratamentos de pH, assim como ocorreu com as variáveis temperatura e oxigênio dissolvido.

#### 4.2.4 Condutividade elétrica

Ocorreram dois picos de valores de condutividade elétrica, um no final da seca (outubro) no Pinus, e outro no final das águas (março) na cana-de-açúcar (Figura 14).

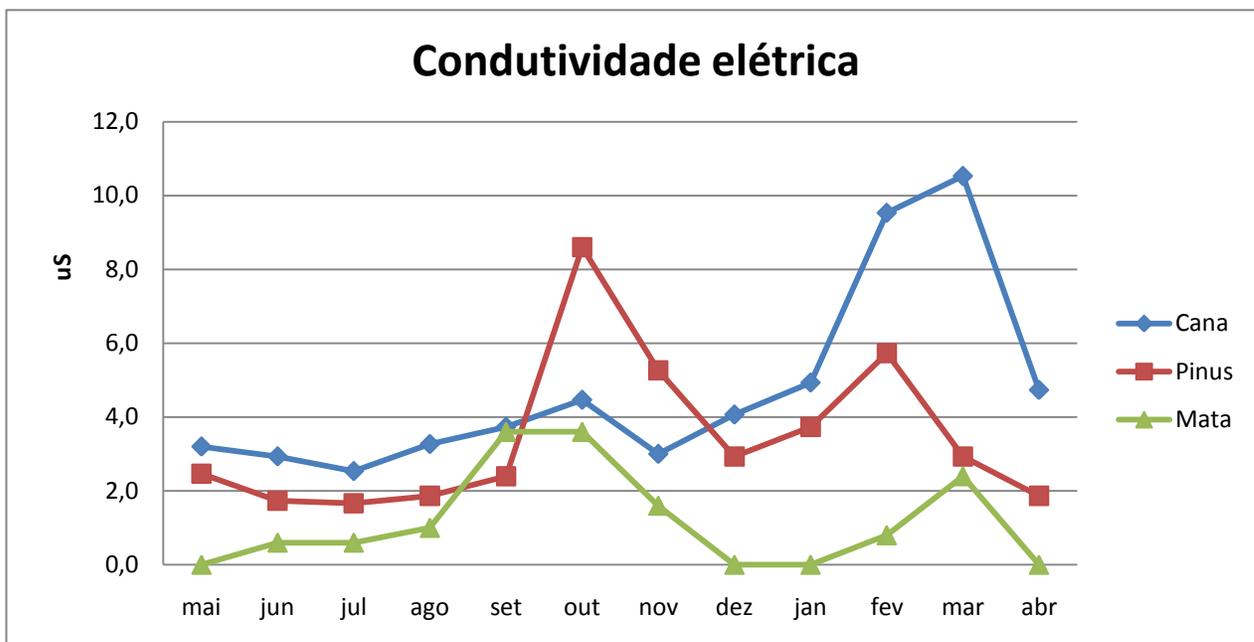


Figura 14. Médias de condutividade elétrica para diferentes manejos em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

A curva da condutividade elétrica para a área de mata apresentou-se com os menores valores ao longo do ano, com exceção do mês de setembro/2008, que apresentou maior valor que o manejo de Pinus. Este período caracteriza-se pelo maior déficit hídrico no solo e o menor nível do aquífero confinado.

A curva da condutividade elétrica para a microbacia 14 (mata) tem início e fim no valor 0 e obteve valores elevados nos meses de setembro e outubro devido ao rebaixamento do lençol freático no fim da época de seca de cada ano.

Na análise de variância dos dados de condutividade elétrica da água (Tabela 18), o teste F foi significativo ao nível de 1% de probabilidade, indicando que devemos rejeitar a hipótese de nulidade e concluir que as microbacias diferem entre si em relação à condutividade elétrica, assim como os meses também diferem entre si em relação à condutividade elétrica, e que as microbacias e os meses não agem de maneira independente com relação à condutividade elétrica, com grau de confiança superior a 99,9% ( $p < 0,0001$ ).

Tabela 18. Análise de Variância para efeitos principais (microbacias) e interação (meses) para a variável condutividade elétrica.

CV	GL	SQ	QM	F	P
Microbacias	6	5.777,16	962,86	6,36**	< 0,0003
Resíduo (a)	28	4,236,90	151,32		
Parcelas	34	10.014,06			
Meses	11	1.096,03	99,64	4,48**	< 0,0001
Mic x Mês	66	3.221,12	48,80	2,19**	< 0,0001
Resíduo (b)	308	6,857,10	22,26		
Total	419	21.188,31			

CV: causas de variação; GL: grau de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; F: teste F; P: valor de p. \*\* = 1%.

Como os tratamentos são diferentes entre si, aplicou-se o teste de Tukey (5%) para a diferenciação entre eles (Tabela 19) e obtivemos o desvio padrão, coeficiente de variação, valor mínimo e máximo das médias de condutividade elétrica ao longo do ano, em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Tabela 19. Médias, teste de Tukey (5%), desvio padrão, coeficiente de variação, valor mínimo e máximo das médias de condutividade elétrica ao longo do ano, em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Usos	Cana de açúcar				Pinus		Mata
	B1	B3	B8	B9	B11	B17	B14
Médias	1,3	1,2	11,8	4,8	0,6	5,0	1,2
Tukey 5%	b	b	a	ab	b	ab	b
Desvio padrão	0,9	0,6	7,3	4,3	1,1	1,7	1,3
Coef. de Var.	67,8	50,8	62,1	89,7	195,0	34,1	113,4
Mínimo	0,0	0,2	5,4	1,0	0,0	3,2	0,0
Máximo	2,6	2,0	28,2	13,4	3,2	9,2	3,6

B1: microbacia 1; B3: microbacia 3; B8 microbacia 8; B9 microbacia 9; B11 microbacia 11; B14 microbacia 14; B17 microbacia 17.

A média entre os tratamentos (Tabela 19) demonstra que a microbacia 8 obteve média muito superior às demais, seguidas das médias das microbacias 9 e 17 (Pinus), que apresentaram valores intermediários e, das microbacias 1, 3, 11 e 14 que tiveram as menores médias dessa variável.

Assim como a temperatura, os valores médios da condutividade elétrica da água são maiores nos meses chuvosos (outubro a março) e menores nos meses secos (abril a setembro). A microbacia 8, com manejo de cana-de-açúcar obteve as maiores médias em todos os meses, sendo diferente apenas para a microbacia 9 (Pinus) em outubro e novembro/2008 (Tabela 20 e Figura 15).

Tabela 20. Valores mensais de condutividade elétrica para os diferentes meses do ano em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Meses	Média	Tukey 5%	Dv Pad	Cf Var	Min	Max
Mai	2,4	bc	3,6	148,3	0,0	9,4
Jun	2,1	c	3,1	149,3	0,0	8,6
Jul	1,9	c	2,3	123,7	0,2	6,4
Ago	2,3	c	2,5	108,5	0,0	7,4
Set	3,1	c	2,4	74,8	0,0	7,4
Out	6,1	ab	4,5	73,9	1,6	13,4
Nov	3,8	abc	2,6	68,4	1,0	8,2
Dez	3,0	abc	3,9	130,1	0,0	10,2
Jan	3,7	abc	4,2	113,9	0,0	11,6
Fev	6,7	a	9,3	139,3	0,2	25,4
Mar	6,1	ab	9,8	160,9	0,4	28,2
Abr	2,8	bc	4,1	145,4	0,0	11,8

As médias de cada tratamento (Figura 15) demonstram que a maior parte das microbacias registraram valores entre 0 e 10  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , diferindo de CICCIO et al. (2007) que registraram médias entre 10 e 15  $\mu\text{S cm}^{-1}$  para áreas de mata atlântica.

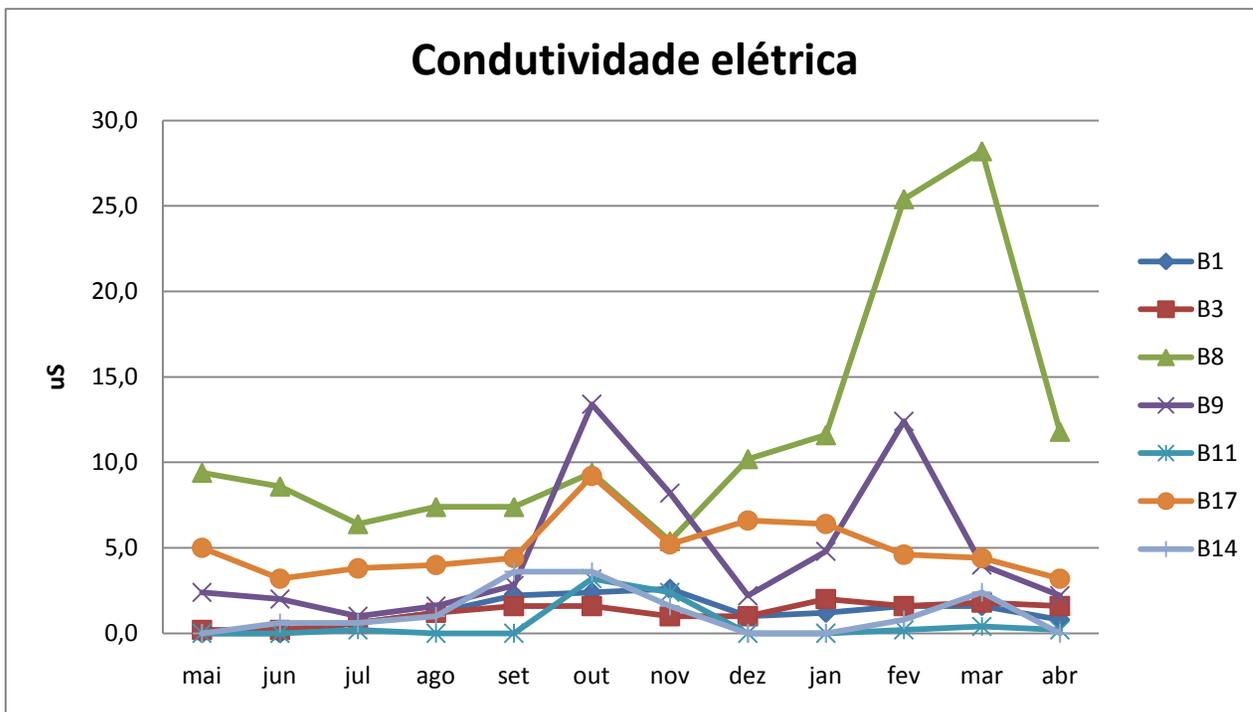


Figura 15. Médias de condutividade elétrica ao longo do ano em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

A microbacia 8 (cana) destacou-se das demais nos meses de fevereiro e março, alcançando valores médios acima de  $25 \mu\text{S cm}^{-1}$ , tendo em vista a maior concentração iônica no final do período das chuvas. No período de outubro, os maiores valores ocorreram na microbacia 9 e 17 (Pinus), fato que pode ser explicado pela falta de água corrente, aumentando assim a concentração de íons na água de coleta (Figura 15).

SOUZA & TUNDISI (2000) comentam que a bacia do rio Jacaré-guaçu, tendo em vista o substrato geológico muito pobre, apresentou água com baixos valores de pH, condutividade elétrica e concentração iônica. Segundo a CETESB (2005) níveis acima de  $100 \mu\text{S cm}^{-1}$  podem indicar ambientes impactados.

Como a condutividade é a capacidade de uma substância conduzir corrente elétrica, a água pura é uma substância má condutora de corrente elétrica, apresentando um valor teórico de  $0,0055 \mu\text{S cm}^{-1}$  a  $25^\circ\text{C}$ , portanto, a condutividade age como indicadora da poluição das águas (SANTOS et al., 2007).

#### 4.2.5 Sólidos totais dissolvidos

As concentrações de sólidos totais dissolvidos e a salinidade são representadas pela condutividade elétrica. Quanto maior for a concentração iônica, com íons dissolvidos e dissociados na água, maior será a capacidade em conduzir corrente. A atividade agropecuária na bacia, com uso de fertilizantes e corretivos, tende a potencializar a presença de íons na água (WALLING, 1975).

O mesmo comportamento descrito para a condutividade elétrica ao longo do ano é semelhante para sólidos totais. De forma geral, os tratamentos com o manejo de cana-de-açúcar tiveram os maiores valores, seguido do Pinus e da Mata (Figura 16).

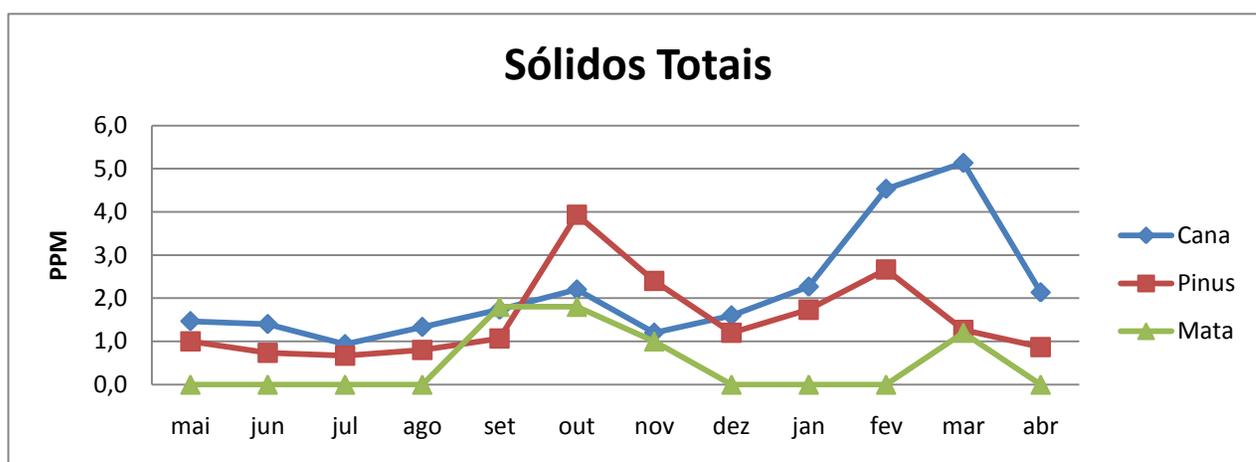


Figura 16. Médias de sólidos totais em diferentes manejos em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Na análise de variância (Tabela 21) dos dados de sólidos totais, o teste F foi significativo ao nível de 1% de probabilidade, indicando que devemos rejeitar a hipótese de nulidade e concluir que as microbacias diferem entre si em relação à sólidos totais, assim como os meses também diferem entre si em relação à sólidos totais, e que as microbacias e os meses não agem de maneira independente com relação à sólidos totais, com grau de confiança superior a 99,9% ( $p < 0,0001$ ).

Tabela 21. Análise de Variância para efeitos principais (microbacias) e interação (meses) para a variável sólidos totais.

CV	GL	SQ	QM	F	P
Microbacias	6	1.411,47	235,24	6,14**	< 0,0003
Resíduo (a)	28	1.073,33	38,33		
Parcelas	34	2.484,80			
Meses	11	277,49	25,22	4,45**	< 0,0001
Mic x Mês	66	806,99	12,23	2,16**	< 0,0001
Resíduo (b)	308	1,746,27	5,67		
Total	419	5.315,55			

CV: causas de variação; GL: grau de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; F: teste F; P: valor de p. \*\* = 1%.

Como os tratamentos são diferentes entre si, aplicou-se o teste de Tukey (5%) para a diferenciação entre elas (Tabela 22) e obteve-se o desvio padrão, coeficiente de variação, valor mínimo e máximo das médias de sólidos totais ao longo do ano, em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Tabela 22. Médias, Tukey 5%, desvio padrão, coeficiente de variação, valor mínimo e máximo das médias de sólidos totais ao longo do ano, em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Usos	Cana de açúcar				Pinus		Mata
	B1	B3	B8	B9	B11	B17	B14
Médias	0,4	0,4	5,7	2,1	0,2	2,3	0,5
Tukey 5%	b	b	a	b	b	ab	B
Desvio padrão	0,5	0,4	3,7	2,1	0,4	0,8	0,7
Coef. de Var.	116,6	100,6	64,5	100,8	234,7	33,9	154,3
Mínimo	0,0	0,0	2,4	0,4	0,0	1,6	0,0
Máximo	1,2	1,0	14,0	6,4	1,2	4,2	1,8

B1: microbacia 1; B3: microbacia 3; B8 microbacia 8; B9 microbacia 9; B11 microbacia 11; B14 microbacia 14; B17 microbacia 17.

A percentagem do coeficiente de variação foi alta, tanto entre os tratamentos (Tabela 22), quanto ao longo do ano (Tabela 23), com comportamento semelhante à variável condutividade elétrica.

Tabela 23. Valores mensais de sólidos totais para os diferentes meses do ano em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Meses	Médias	Tukey 5%	DP	CV	Min	Max
Mai	1,1	bc	1,7	159,3	0,0	4,4
Jun	0,9	c	1,6	171,2	0,0	4,2
Jul	0,7	c	1,1	160,5	0,0	2,8
Ago	0,9	c	1,3	146,7	0,0	3,6
Set	1,5	abc	1,2	79,9	0,0	3,6
Out	2,9	ab	2,2	75,2	0,8	6,4
Nov	1,7	abc	1,3	74,7	0,0	3,8
Dez	1,2	bc	1,9	160,7	0,0	4,8
Jan	1,7	abc	2,1	120,7	0,0	5,6
Fev	3,1	a	4,6	149,6	0,0	12,4
Mar	2,9	ab	4,9	169,4	0,0	14,0
Abr	1,3	abc	2,1	161,9	0,0	5,8

A microbacia 8 apresenta os maiores valores de médias mensais obtidas (Figura 17). A segunda microbacia que mais variou foi a 9 (Pinus), seguida da 17 (Pinus). As outras registraram valores inferiores a 2,0 mg L<sup>-1</sup> (ppm).

A microbacia 8 (Tabela 22) apresentou média muito superior de sólidos totais entre os tratamentos, conforme observa-se na Figura 17. PISSARRA et al. (2008) registraram valores muito superiores ao deste estudo, com médias entre 40,6 ppm na mata e 95,8 ppm em microbacia ocupada com cana-de-açúcar, onde houve o maior valor (260 ppm).

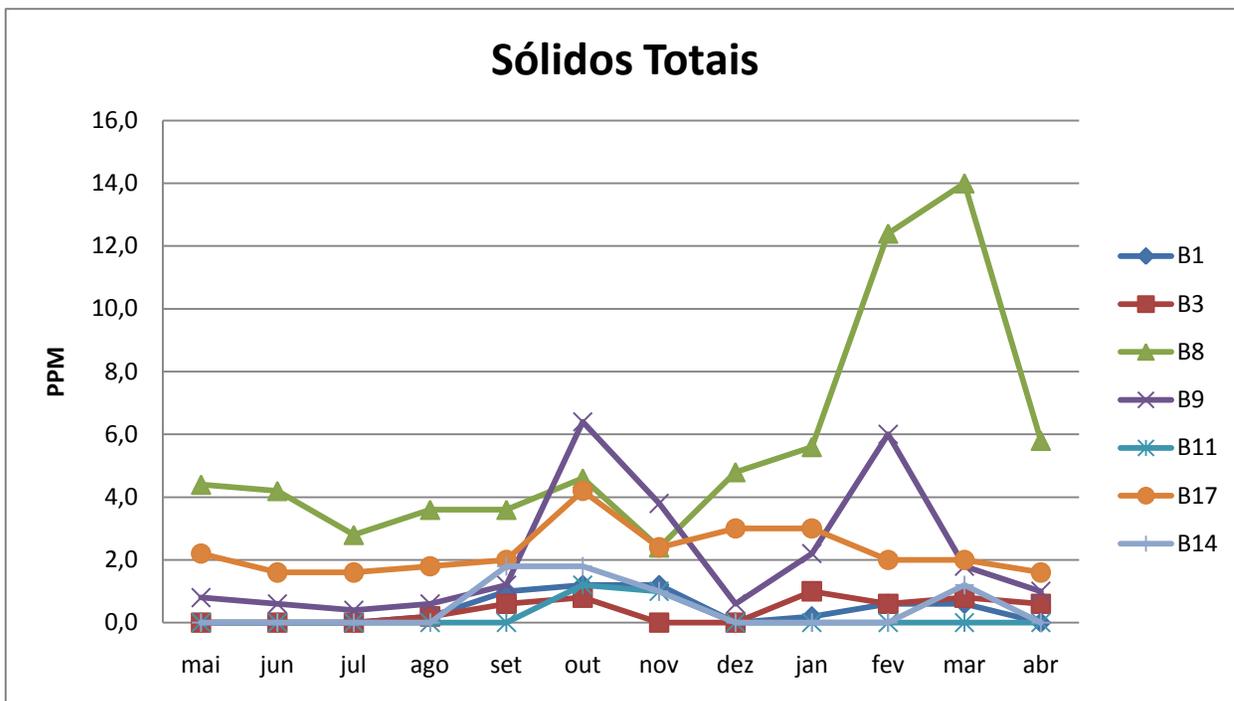


Figura 17. Médias de sólidos totais ao longo do ano em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

#### 4.2.6 Turbidez

A turbidez é uma medida das partículas suspensas como o silte, argila, matéria orgânica, plâncton e organismos microscópicos. A quantidade de materiais sólidos em suspensão na água pode resultar da erosão natural e ser agravada pelo escoamento superficial na época das chuvas (GROSSI, 2006). A Resolução Conama 357/2005 estabelece o valor máximo de 5,0 UT para uso humano.

A análise entre os manejos (Figura 18) demonstra alta variabilidade dos valores turbidez obtidos para o Pinus em outubro de 2008 (21,9 UT) e para a mata em setembro do mesmo ano (19,6 UT). O manejo com cana-de-açúcar obteve médias menores, variando de 0,9 UT a 5,8 UT, sem apresentar variações drásticas.

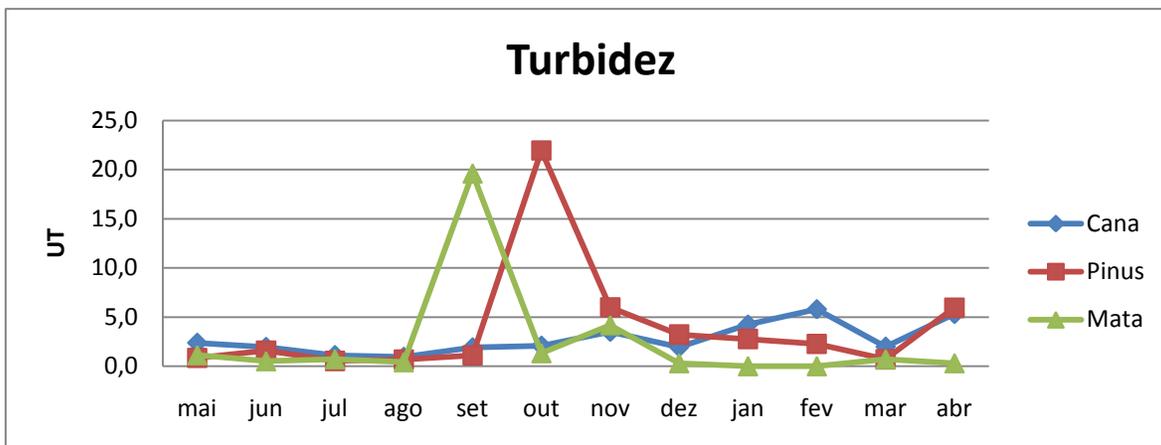


Figura 18. Médias de turbidez em diferentes manejos em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Na análise de variância dos dados de turbidez da água (Tabela 24), mais uma vez o teste F foi significativo ao nível de 1%, indicando que as microbacias diferem entre si, assim como os meses também diferem entre si e as microbacias e os meses não agem de maneira independente com relação à turbidez, com grau de confiança superior a 99,9% ( $p < 0,0001$ ).

Tabela 24. Análise de Variância para efeitos principais (microbacias) e interação (meses) para a variável turbidez.

CV	GL	SQ	QM	F	P
Microbacias	6	2.442,20	407,03	4,26**	< 0,0036
Resíduo (a)	28	2.677,98	95,64		
Parcelas	34	5.120,18			
Meses	11	2.824,93	256,81	3,90**	< 0,0001
Mic x Mês	66	10.508,27	159,22	2,42**	< 0,0001
Resíduo (b)	308	20.271,97	65,82		
Total	419	38.725,35			

CV: causas de variação; GL: grau de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; F: teste F; P: valor de p. \*\* = 1%.

Como os tratamentos são diferentes entre si, aplicou-se o teste de Tukey (5%) para a diferenciação entre elas (Tabela 25) e obtivemos o desvio padrão, coeficiente de variação, valor mínimo e máximo de turbidez ao longo do ano, em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Tabela 25. Médias, teste de Tukey 5%, desvio padrão, coeficiente de variação, valor mínimo e máximo das médias de turbidez em diferentes manejos em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Usos	Cana de açúcar				Pinus		Mata
	B1	B3	B8	B9	B11	B17	B14
Médias	1,2	0,7	6,4	4,4	0,8	6,7	2,4
Tukey 5%	abc	c	ab	abc	bc	a	abc
Desvio padrão	1,4	0,5	4,6	5,7	1,3	12,4	5,5
Coef. de Var.	113,1	73,6	72,0	128,3	165,5	186,0	227,3
Mínimo	0,2	0,0	1,9	0,4	0,0	0,0	0,0
Máximo	5,3	1,4	15,2	17,1	4,3	44,4	19,6

B1: microbacia 1; B3: microbacia 3; B8 microbacia 8; B9 microbacia 9; B11 microbacia 11; B14 microbacia 14; B17 microbacia 17.

As médias dos valores de turbidez entre os tratamentos (Tabela 25) demonstram que a microbacia 17 registrou o maior valor (6,7 UT) médio de turbidez. Esses maiores valores ocorreram na época das águas, de novembro a março.

Nas áreas de Pinus e de mata, os altos valores médios obtidos podem ser explicados pela menor disponibilidade de água (seca) na cabeceira da nascente, no momento da coleta.

SANTOS et al. (2007) encontraram valores maiores para turbidez, entre 10,9 e 21,6 UT, para microbacias com atividade agrícola. Os valores de turbidez ao longo do ano é apresentado na Tabela 26.

Tabela 26. Valores mensais de turbidez para os diferentes meses do ano em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Meses	Médias	Tukey 5%	DP	CV	Min	Max
Mai	1,5	b	1,8	119,5	0,2	5,6
Jun	1,6	b	1,5	94,4	0,2	4,6
Jul	0,8	b	0,8	101,9	0,1	2,5
Ago	0,7	b	0,7	93,4	0,0	1,9
Set	4,1	b	6,9	168,8	0,1	19,6
Out	10,5	a	16,0	152,6	0,5	44,4
Nov	4,7	ab	3,6	77,0	1,3	12,3
Dez	2,3	b	3,5	155,7	0,0	8,8
Jan	3,0	b	4,1	137,6	0,0	10,6
Fev	3,5	b	5,3	153,7	0,0	15,2
Mar	1,2	b	1,6	126,4	0,0	4,6
Abr	4,9	ab	6,9	142,1	0,3	15,1

Ao longo do ano, o mês de outubro apresentou o maior valor médio entre os tratamentos, influenciado pelos altos valores obtidos na microbacia 17 (Figura 19). Esse fato pode ser explicado pela escassez de água nos pontos de coleta naquele mês.

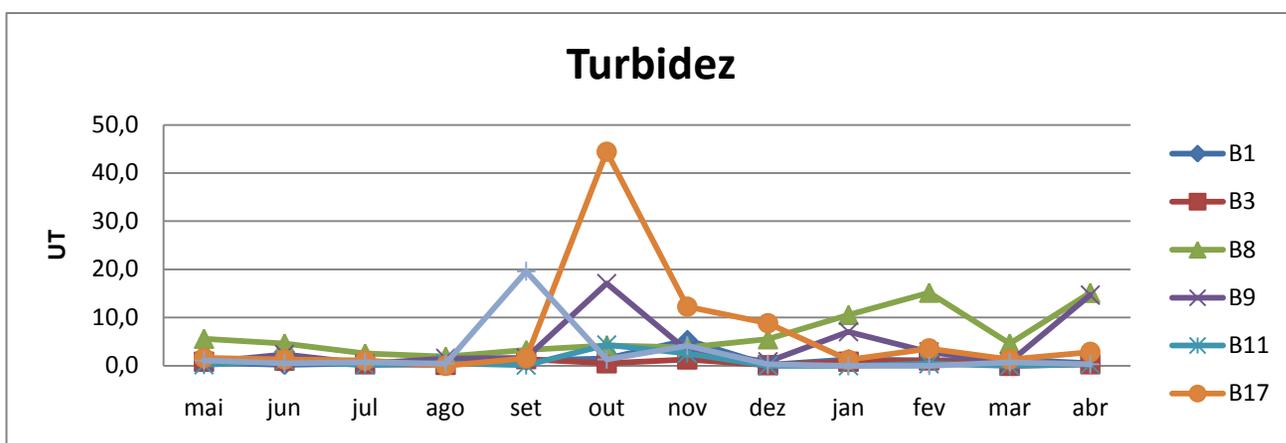


Figura 19. Médias de turbidez ao longo do ano em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

#### 4.2.7 Comparação entre os tratamentos ao longo do tempo.

Todas as características diferiram estatisticamente ao longo do período analisado. Na comparação das características da água, verifica-se que os valores de pH e de oxigênio dissolvido foram mais uniformes que a temperatura. A condutividade elétrica, os sólidos totais e a turbidez foram as características que mais variaram durante o ano de coleta (Figura 20).

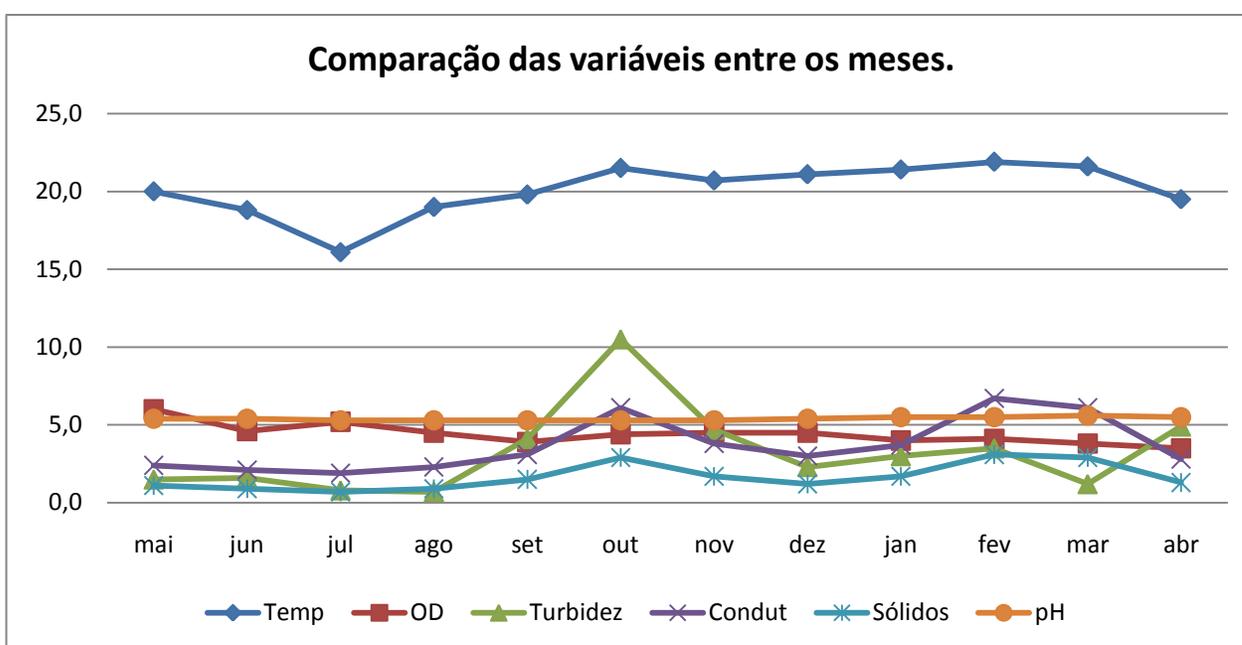


Figura 20. Comparação das variáveis ao longo do ano em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

As variáveis temperatura, oxigênio dissolvido e pH mostraram pouca variação temporal e entre os tratamentos, com baixos coeficientes de variação. A temperatura média foi de 20,1 °C, o oxigênio dissolvido médio de 4,4 mg L<sup>-1</sup> e pH 5,4.

O artigo 15, item VI, da Resolução Conama 357, de 17 de março de 2005, estabelece o valor mínimo de 5,0 mg L<sup>-1</sup> de oxigênio como padrão de qualidade da água para uso humano.

A turbidez, a condutividade elétrica e os sólidos totais resultaram nos maiores coeficientes de variação, acima de 100%, mostrando que essas características da água são as melhores para diferenciar os manejos.

Visando estabelecer diferenças entre as variáveis da água em cada manejo, o teste de Tukey (5%) foi comparado (Tabela 27) a nível de 1% de probabilidade.

Tabela 27. Teste de Tukey (5%) entre tratamentos para todas as variáveis.

Variáveis	B1	B3	B8	B9	B11	B17	B14
T °C	20,5ab	20,7a	20,6ab	20,7a	19,5cd	20,0bc	18,9d
OD	4,5ab	4,6a	4,3bc	4,4abc	4,4abc	4,2c	4,4abc
pH	5,2d	5,2cd	5,6ab	5,3bcd	5,5bc	5,9a	5,2d
Turbidez	1,2abc	0,7c	6,4ab	4,4abc	0,8bc	6,7a	2,4abc
Condut	1,3b	1,2b	11,8a	4,8ab	0,6b	5,0ab	1,2b
Sólidos	0,4b	0,4b	5,7a	2,1ab	0,2b	2,3ab	0,5b

B1: microbacia 1; B3: microbacia 3; B8 microbacia 8; B9 microbacia 9; B11 microbacia 11; B14 microbacia 14; B17 microbacia 17.

No período amostrado, prevaleceu a relação de temperatura alta e taxa de oxigênio dissolvido baixa, com destaque nas microbacias 9 (Pinus); 8 (cana), 11 (Pinus), 14 (mata) e 17 (Pinus). A microbacia 3 (cana) registrou as maiores médias em ambas características, provavelmente, devido a coleta realizada no período da tarde.

O oxigênio dissolvido depende basicamente da temperatura, salinidade e pressão do meio (SANTOS et al., 2007). Os organismos aquáticos, com a elevação da temperatura aceleram a maioria dos processos metabólicos. Em geral, uma elevação de 10°C na temperatura provoca um aumento de 2 a 3 vezes na taxa de consumo de oxigênio e na decomposição de matéria orgânica (FRANCO, 2008).

A microbacia B17 (Pinus), apresentou a menor taxa de oxigênio dissolvido e o maior valor turbidez. Portanto, observa-se que valores elevados de turbidez induzem a baixos valores de oxigênio dissolvido, e vice-versa.

A microbacias B8 (cana) e B17 (pinus) apresentaram as maiores alterações das características pH, turbidez, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos (Figura 21). Os dados observados em campo mostram que essas microbacias foram as que mais sofreram com o déficit hídrico, chegando a secar em alguns pontos de coleta. As demais microbacias apresentaram menores alterações.

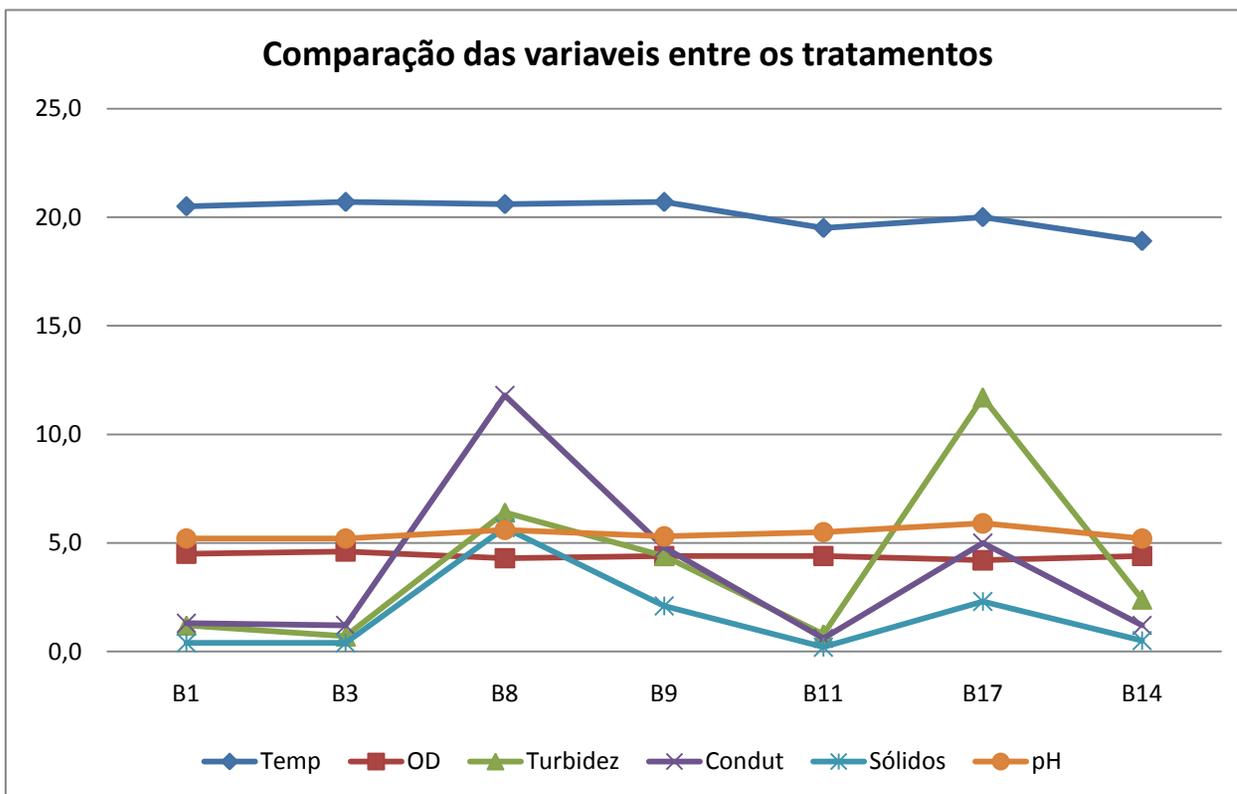


Figura 21. Comparação das variáveis entre os manejos em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

A condutividade para a microbacia B8 (cana) e a turbidez para a microbacia B17 (Pinus) foram as características de maior alteração para esses manejos. Em janeiro de 2009, a microbacia B8, mais específico no ponto amostral 2, registrou 36 uS de condutividade, em período de excesso de chuva.

No mês de fevereiro esta microbacia (B8) obteve os maiores valores de condutividade, no mesmo ponto amostral (2), registrando o dobro do valor obtido no mês anterior (74 uS). Em março voltou a apresentar altíssimos valores de condutividade e sólidos totais. Este fato pode ser explicado devido ao período de aplicação de insumos (adubos e pesticidas) aplicados na condução do sistema produtivo de cana-de-açúcar que estava sendo realizado nos períodos citados.

A microbacia B8 apresentou as maiores alterações nas variáveis estudadas, provavelmente devido à escassa vegetação nativa ocupando sua vereda, quando comparado com os outros tratamentos, alterando a qualidade da água (Figura 22).

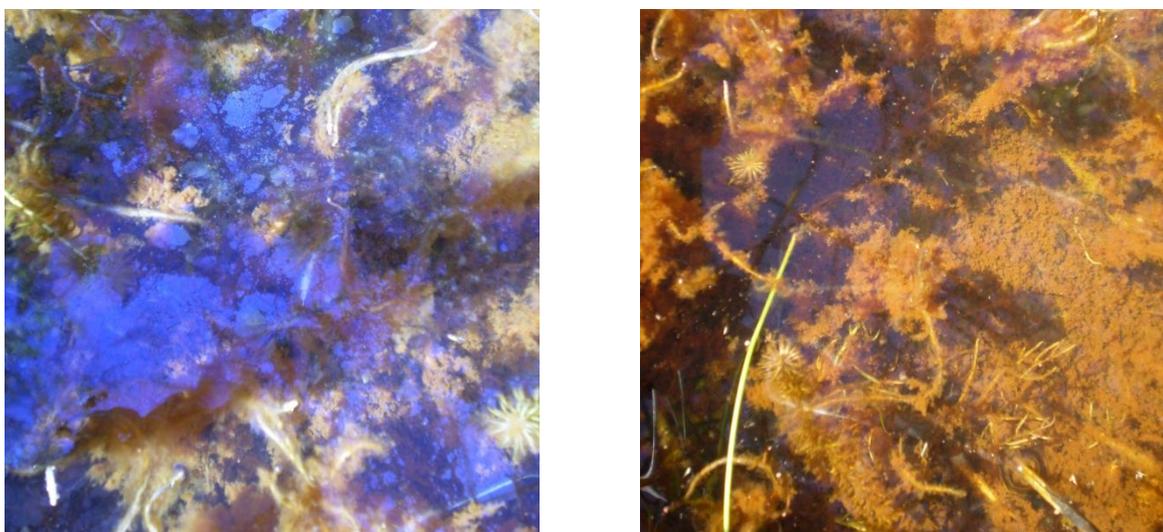


Figura 22. Aspecto dos pontos de coleta 4 e 5, mês de dezembro de 2008, na microbacia 8 do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

A microbacia B17 obteve a maior média de turbidez quando comparado com os outros tratamentos. Este fato pode ser explicado devido à maior declividade do relevo neste tratamento quando comparado com os outros.

Este tratamento foi o que obteve a maior média para o pH, tendo em vista a atividade extrativista da goma resina do pinus, onde é aplicado ácido sulfúrico para evitar a cicatrização da estria.

As microbacias B3, B1 e B11 foram as que obtiveram as maiores médias para oxigênio dissolvido na água, coincidentemente as que tiveram menores médias para turbidez. O fato pode ser explicado porque os pontos de coleta dessas microbacias estão localizados em água corrente, em detrimento dos demais tratamentos, onde os pontos de coleta estão localizados na vereda (várzea) de cada nascente principal (Figura 23).



Figura 23. Aspecto do ponto de coleta 5, mês de novembro de 2008, na microbacia 17 do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

As variáveis condutividade e sólidos totais se caracterizam por apresentar comportamento semelhante, pois, os valores de sólidos totais acompanharam os valores da condutividade ao longo do período.

### 4.3 Análise química do solo

As análises granulométricas de solo, com fracionamento de areia, resultaram na classe textural MÉDIA para todos os pontos amostrais, exceto 3 pontos na microbacia 1, que apresentaram classe textural ARGILOSA, nas amostras 1, 3 e 5.

O manejo com a cana-de-açúcar obteve valores maiores para MO, P, K, Ca e Mg (Tabela 28), provavelmente devido aos insumos agrícolas utilizados anualmente. A relação 4:1 entre Ca e Mg foi mais próxima para o manejo com cana-de-açúcar.

Tabela 28. Valores médios da análise química do solo com manejo de cana-de-açúcar em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Cana	pH	MO g dm <sup>-3</sup>	P mg dm <sup>-3</sup>	K mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Ca mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Mg mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	H+Al mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
B1	4,64	24,80	7,80	0,52	15,40	3,20	38,80
B3	4,44	22,00	9,20	1,10	11,20	4,60	39,20
B8	4,74	17,20	17,00	0,84	15,20	4,40	31,20
Média	4,61	21,33	11,83	0,82	13,93	4,07	36,40

MO: matéria orgânica; P: fósforo; K: potássio; Ca: Cálcio; Mg: magnésio; H+Al: acidez potencial.

O manejo com Pinus (Tabela 29) apresentou os menores valores de MO, P, K, Ca e Mg, provavelmente devido à falta de aplicação de insumos agrícolas nessas culturas durante os últimos 50 anos. As microbacias com Pinus possui alta acidez potencial quando comparado com o manejo de cana-de-açúcar.

Tabela 29. Valores médios da análise química do solo com manejo de Pinus em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Pinus	pH	MO g dm <sup>-3</sup>	P mg dm <sup>-3</sup>	K mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Ca mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Mg mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	H+Al mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
B9	3,74	16,00	6,80	0,42	2,20	1,00	70,80
B11	3,80	15,40	7,00	0,86	2,00	1,00	51,00
B17	3,84	17,80	7,00	0,50	2,40	1,20	56,00
Média	3,79	16,40	6,93	0,59	2,20	1,07	59,27

MO: matéria orgânica; P: fósforo; K: potássio; Ca: Cálcio; Mg: magnésio; H+Al: acidez potencial.

Os dados da análise básica para a cana-de-açúcar e o pinus demonstram que os dois manejos são realizados em solo ácido, com menores valores de pH para o manejo com pinus (maior acidez), tendo em vista mais de 50 anos sem preparo convencional do solo nesse manejo.

A microbacia com mata nativa B14 (Tabela 30) apresentou valores semelhantes ao manejo com Pinus, exceto em relação à matéria orgânica que foi semelhante ao manejo com a cana-de-açúcar. Este tratamento obteve o maior valor para acidez potencial (67,60).

Tabela 30. Valores médios da análise química do solo com manejo de Mata em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Mata	pH	MO g dm <sup>-3</sup>	P mg dm <sup>-3</sup>	K mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Ca mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Mg mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	H+Al mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
B14	3,76	21,40	5,00	0,68	2,20	1,00	67,60

MO: matéria orgânica; P: fósforo; K: potássio; Ca: Cálcio; Mg: magnésio; H+Al: acidez potencial.

Os dados da análise de micronutrientes para a cana-de-açúcar (Tabela 31) demonstra que esse manejo apresenta maiores valores de média para boro (B), cobre (Cu) e zinco (Zn), enquanto o manejo com Pinus (Tabela 32) apresenta as maiores médias com ferro (Fe) e manganês (Mn).

Tabela 31. Valores médios da análise de micronutrientes do solo com manejo de cana-de-açúcar em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Cana	B mg dm <sup>-3</sup>	Cu mg dm <sup>-3</sup>	Fe mg dm <sup>-3</sup>	Mn mg dm <sup>-3</sup>	Zn mg dm <sup>-3</sup>
B1	0,22	1,76	24,80	1,76	0,18
B3	0,52	1,06	28,20	2,02	0,64
B8	0,19	0,72	17,60	1,54	0,14
Média	0,31	1,18	23,53	1,77	0,32

B: boro; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco.

Tabela 32. Valores médios da análise de micronutrientes do solo com manejo de Pinus em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Pinus	B mg dm <sup>-3</sup>	Cu mg dm <sup>-3</sup>	Fe mg dm <sup>-3</sup>	Mn mg dm <sup>-3</sup>	Zn mg dm <sup>-3</sup>
B9	0,24	0,96	32,20	1,58	0,10
B11	0,22	0,76	27,20	5,30	0,10
B17	0,26	0,86	29,60	4,64	0,18
Média	0,24	0,86	29,67	3,84	0,13

B: boro; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco.

O tratamento com mata (Tabela 33) apresentou valores maiores para cobre (1,22), ferro (62,00) e manganês (4,78) que os outros manejos.

Tabela 33. Valores médios da análise de micronutrientes do solo com manejo de Mata em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

Mata	B mg dm <sup>-3</sup>	Cu mg dm <sup>-3</sup>	Fe mg dm <sup>-3</sup>	Mn mg dm <sup>-3</sup>	Zn mg dm <sup>-3</sup>
B14	0,29	1,22	62,00	4,78	0,24

B: boro; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco.

Os valores de zinco (0,24) e boro (0,29) são intermediários entre os dois manejos. Os manejos de pinus, cana-de-açúcar e mata tem comportamento diferenciado para cada uso e ocupação do solo.

## 5 CONCLUSÕES

- A análise morfométrica da área de estudo indica uma microbacia de 4ª ordem de grandeza, com 40,89 km<sup>2</sup> e 33,73 km de rios, relação positiva entre infiltração e deflúvio, menor tendência à enchentes sazonais e à degradação ambiental, em relevo relativamente suave.
- As microbacias diferiram entre si em relação às variáveis estudadas das características físico-químicas da água da rede de drenagem: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade, sólidos e turbidez; ao longo do período analisado e entre os diferentes manejos.
- O solo das microbacias hidrográficas apresentaram-se ácidos, com maior valor de acidez potencial para o manejo do Pinus.
- A duas condições ambientais, resultantes da implantação do sistema produtivo (Pinus e cana-de-açúcar) foram diferentes estatisticamente da condição de mata natural.

## 6 REFERÊNCIAS

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V de; HONDA, E. A. Características físicas das águas dos rios Paraibuna e Paraitinga, região do Alto Paraibuna - SP. **Revista do Instituto Florestal**. São Paulo, v. 14, n. 1, p. 1-12, 2002.

AVERY, T. E. **Interpretation of aerial photographs**. 3ª ed. Minneapolis: Burgess, 1977. 392p.

BACCI, D. C. **Sistema de Gestão Territorial da ABAG/RP**. Embrapa Monitoramento por Satélite. Disponível em: <http://www.abagrp.cnpm.embrapa.br/areas/geologia.htm>. Acesso em 05 de maio de 2007.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JR, W. AgroEstat - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaio Agronômicos, Versão 1.0. Departamento de Ciências Exatas - FCAV - UNESP - Campus de Jaboticabal, 2009.

BRANCO, S. M. **Hidrologia aplicada à engenharia sanitária**. São Paulo: CETESB / ASCETESB, 3ª edição, 1986. 616 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n.º 518, de 25 de março de 2004**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília - DF, 2004.

BRASIL. Ministério do Planejamento e Coordenação Geral. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia. **Coleção Carta do Brasil**. Departamento de Cartografia, Rio de Janeiro, Folha Batatais, SF-23-V-A-IV-4, Escala 1:50.000, 1971.

BUENO, L. F.; GALBIATTI, J. A.; BORGES, M. J. Monitoramento de variáveis de qualidade da água do Horto Ouro Verde - Conchal - SP. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 25, n. 3, 2005. ISSN 0100-6916.

CALIJURI, M. C.; BUBEL, A. P. M. Conceituação de microbacias. In: LIMA, W de P.; ZAKIA, M. J. B. (Orgs.). **As florestas plantadas e a água – implementando o conceito de microbacia hidrográfica como unidade de planejamento**. Capítulo IV. São Carlos, Editora Rima, 2006. p 46.

CAMARGO, M. N. E.; KAUFMANN, J. N. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.12, n.º 1, p 11-13, 1987.

CAMPOS, H. C. N. S. **Caracterização e cartografia das províncias hidrogeoquímicas do Estado de São Paulo**. 1993. 177p. Tese (Doutoramento) apresentada ao Instituto de Geociências - USP, São Paulo, 1993.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**. Viçosa, MG, v. 30, p. 241-248, 2006.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de qualidade das águas subterrâneas do Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 1997. 106 p. il. (Série Relatórios).

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo**. São Paulo, 2005.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo, Editora Blücher, Editora da Universidade de São Paulo, 1974. 149p.

CHRISTOFOLETTI, A. Morfologia de bacias de drenagem. **Notícias Geomorfológicas**. Campinas, v.18, n.36, p.130-2, 1978.

CICCO, V. de; ARCOVA, F. C. S.; RANZINI, M.; SANTOS, J. B. A. dos; FORTI, M. C. Recursos hídricos na Mata Atlântica: estudo de caso do Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich, Cunha - SP. Anais I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico. **IPABHi**. Taubaté, Brasil, 2007. p. 25-33.

DAEE. Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Caracterização dos recursos hídricos no Estado de São Paulo**. São Paulo: DAEE, 1984. 175p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Propostas de revisão e atualização do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. p. 45.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Uso Agrícola dos Solos Brasileiros. O recurso natural solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. p. 01-11.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2ª ed., 1997. 212p.

ESTEVES, F. A. **Fundamento de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência / FINEP, 1988. 575 p.

FRANÇA, G. V. **Interpretação fotográfica de bacias e de rede de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba – SP.** 1968. 151 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1968.

FRANCO, R. A. M. **Qualidade da água para irrigação na microbacia do córrego do coqueiro no noroeste paulista.** 2008. 103 p. Dissertação (Mestrado) apresentada à Faculdade de Engenharia da UNESP, Campus de Ilha Solteira, Especialidade: Sistema de Produção, 2008.

FREIRE, O. **Solos das regiões tropicais.** Botucatu: FEPAF - Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2006. p. 92. ISBN 85-98187-03-8

GROSSI, C. H. **Diagnóstico e monitoramento ambiental da microbacia hidrográfica do rio queima-pé, MT.** 2006. 135 p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) apresentada à Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP - Campus de Botucatu, 2006.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bulletin Geological Society America.** Colorado, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.

KIEHL, E. J. **Manual de Edafologia.** São Paulo: CERES, 1979. p 42-50.

LANA, C. E.; ALVES, J. M. de P.; CASTRO, P. de T. A. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG - Brasil. **Revista Escola de Minas.** Ouro Preto, v. 54, n.º 2, 2001. doi: 10.1590/S0370-44672001000200008.

LIMA, W. de P. A microbacia e o desenvolvimento sustentável. **Ação Ambiental.** Ano 1, n.º 3, p. 20-2, 1999.

LUEDER, D. R. **Aerial photographic interpretation: principles and applications**. New York: McGraw Hill Book, 1959. 462p.

MILLER, V. C. A quantitative geomorphic study of drainage basins characteristic in the Clinch Mountain area. **Technical Report**. Dept. Geology, Columbia University, 1953.

PISSARRA, T. C. T. **Avaliação quantitativa das características geomórficas de Microbacia hidrográficas de 1ª Ordem de magnitude em quatro posições do sistema de drenagem**. 1998. 124p. Dissertação (Mestrado em Conservação e Manejo da Água e do Solo), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, 1998.

PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, vol. 28, nº 2, 2004.

PISSARRA, T. C. T.; RODRIGUES, F. M.; GALBIATTI, J. A.; CAMPOS, S. Análise das condições hidrológicas em microbacias hidrográficas com diferentes uso e ocupação do solo. **Irriga**. Botucatu, v. 13, n. 4, p. 552-565, 2008.

POLITANO, W. **Estudo da adequabilidade do emprego de bacias hidrográficas de 3ª, 2ª e 1ª ordens de magnitude na análise morfométrica aplicada a solos**. 1992. 331 f. Tese (Livre – Docência em Topografia e Fotogrametria) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1992.

RAIJ, B. van, QUAGGIO, J. A., CANTARELLA, H., FERREIRA, M. E., LOPES, A. S., BATAGLIA, C. O. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.

RODRIGUES, V. A. Aspectos da sustentabilidade das microbacias hidrográficas. In: **Workshop em Manejo de Bacias Hidrográficas**. UNESP, FCA, Botucatu, 2003. p. 70-82.

RODRIGUES, V. A. Morfometria e Mata Ciliar da Microbacia Hidrográfica. In: RODRIGUES, V. A.; STARZYNSKI, R. **Workshop em Manejo de Bacias Hidrográficas**. Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, SP, 2004. p. 7-18.

RODRIGUES, V. A. Recuperação de nascentes em microbacia da cuesta de Botucatu. In: RODRIGUES, V. A.; BUCCI, L. A. **Manejo de Microbacias Hidrográficas: experiências nacionais e internacionais**. Capítulo I. Botucatu: FEPAF, 2006. p. 5.

SANTOS, C. A.; SOBREIRA, F. G. Análise morfométrica como subsídio ao zoneamento territorial: o caso das bacias do Córrego Carioca, Córrego do Bação e Ribeirão Carioca na região do Alto Rio das Velhas - MG. **Revista Escola de Minas**. Ouro Preto, volume 61, fascículo 1, p. 77-85, 2008.

SANTOS, G. V.; DIAS, H. C. T.; SILVA, A. P. de S; MACEDO, M. de N. C. de. Análise hidrológica e socioambiental da bacia hidrográfica do córrego Romão dos Reis, Viçosa, MG. **Revista Árvore**. Viçosa, v.31, n.5, p.931-940, 2007.

SÃO PAULO. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT. **Diagnóstico da situação atual dos Recursos Hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Sapucaí - Mirim/Grande - Relatório Zero**. 3 volumes, CD ROM, 1999c.

SÃO PAULO. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. Escala 1:500.000. São Paulo, 2 volumes. 1981a.

SÃO PAULO. Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. Boletim Técnico Científico. São Paulo, v. 1, 1981b.

SÃO PAULO. Secretaria de Planejamento e Gestão. Coordenadoria de Planejamento Regional. Instituto Geográfico e Cartográfico. **Plano Cartográfico do Estado de São Paulo**. São Paulo, Escala 1:10.000, 1992.

SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. **Conhecer para conservar: as unidades de conservação do Estado de São Paulo**. São Paulo: Terra Virgem, 1999a. p. 37.

SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente e Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras. SOARES, D (Coord.). **Paisagem Paulista: áreas protegidas**. São Paulo: Empresa das Artes, 1999b. p. 171. ISBN 85-85628-40-5

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in bedlands at Perth Amboy, New Jersey. **Bulletin Geological Society America**. v. 67, p. 597-646, 1956.

SILVA, A. M.; NALON, M. A.; KRONKA, F. J. N.; ALVARES, C. A.; CAMARGO, P. B.; MARTINELLI, L. A. Historical land-cover/use in different slope and riparian buffer zones in watersheds of the State of São Paulo, Brazil. **Scientia Agrícola**. Piracicaba, Brasil, v.64, n.º 4, p.325-35, 2007.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. São Paulo: EDUSP, 2001. p 35-51.

SMITH, K. G. Standards for grading texture of erosional topography. **American Journal Science**. New Haven, v. 248, p. 655-68, 1950.

SOUZA, A. D. G. de; TUNDISI, J. G. Hidrogeochemical comparative study of the Jaú and Jacaré-guaçu river watersheds, São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**. Volume 60, n. 4, p. 563-570, 2000.

SOUZA, L. F. S.; ARCOVA, F. C. S.; RANZINI, M.; CICCO, V.; PASCHOALATO, C. P. R. Diagnóstico da hidrologia superficial da Estação Ecológica de Ribeirão Preto como contribuição à elaboração de seu plano de manejo. Anais 1 Seminário de Iniciação Científica do Instituto Florestal. **IF Série Registros**. São Paulo, n. 31, p. 265, 2007.

STRAHLER, A. N. Dimensional analysis applied to fluvially eroded landforms. **Bulletin Geological Society America**. Colorado, v. 69, p. 279-300, 1958.

STRAHLER, A. N. Dynamic basis of geomorphology. **Bulletin Geological Society America**. Colorado, v. 63, p. 923-938, 1952.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions of American Geophysical Union**. New Haven, v. 38, p 913-920, 1957.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T., SOUZA, A. L., RIBEIRO, C. A. A. S., LEITE, F. P. Morfometria da bacia hidrográfica da cachoeira das pombas, Guanhões - MG. **Revista Árvore**. Viçosa-MG, v.30, n.5, p.849-57, 2006.

VILLELA, S. M.; MATOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

WALLING, D. E. Solute variations in small catchment streams: some comments. **Transactions of the Institute of British Geographers**. London, n. 64, p. 141-147, 1975.

## **APÊNDICES**

As Figuras 24 a 30 mostram a localização dos pontos de coleta de solo e água nos diferentes manejos em microbacias hidrográficas do córrego da Cachoeira, Batatais, SP.

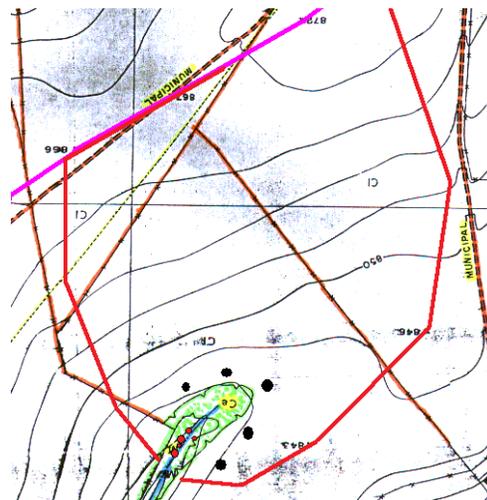
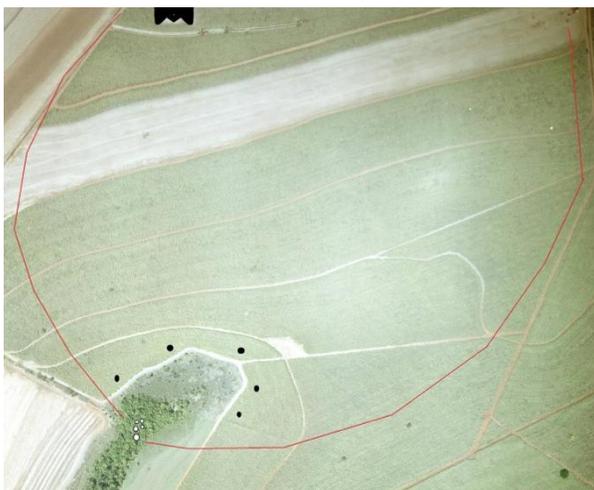


Figura 1A. Microbacia 1 - Pontos de coleta de água (branco e vermelho) e de amostra composta de solo (preto).

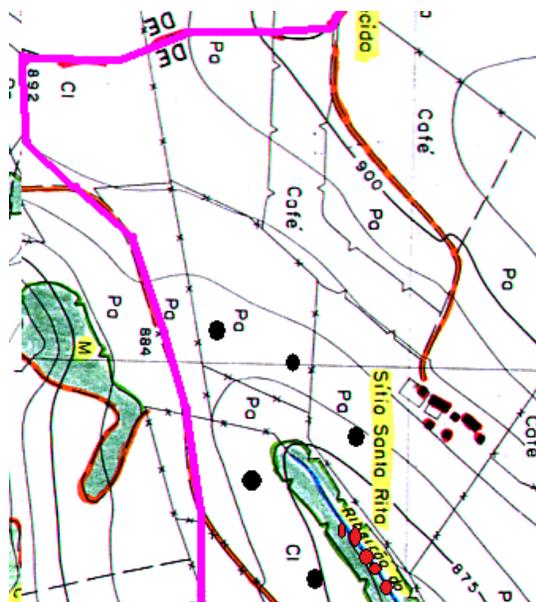


Figura 2A. Microbacia 3 - Pontos de coleta de água (vermelho) e de amostra composta de solo (preto).

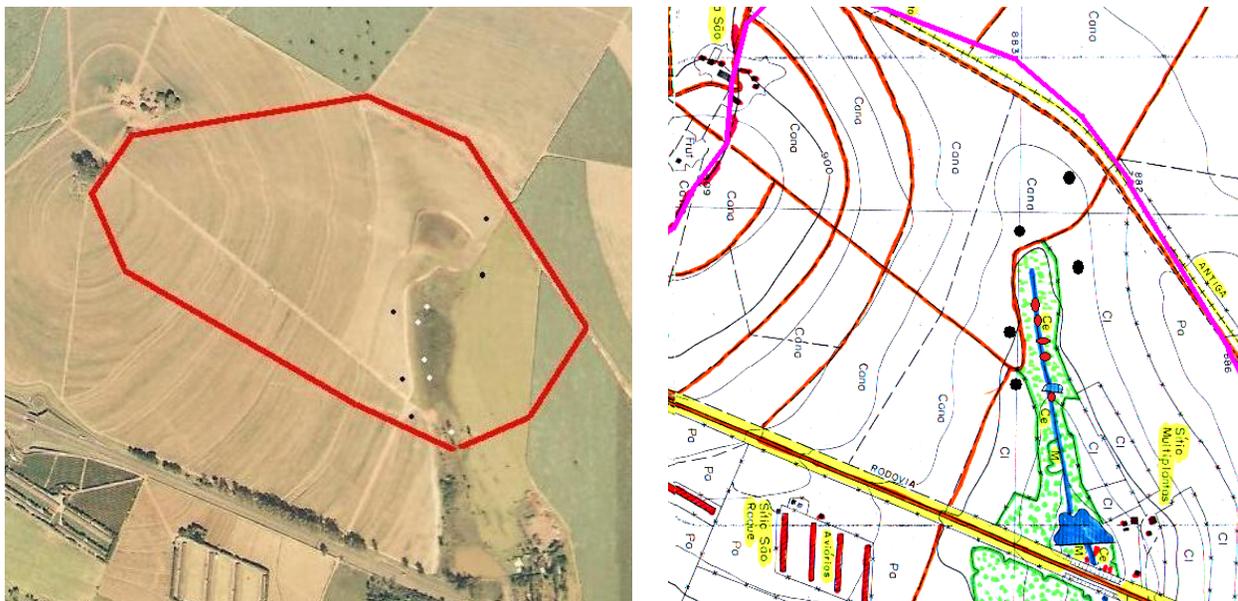


Figura 3A. Microbacia 8 - Pontos de coleta de água (branco e vermelho) e de amostra composta de solo (preto).

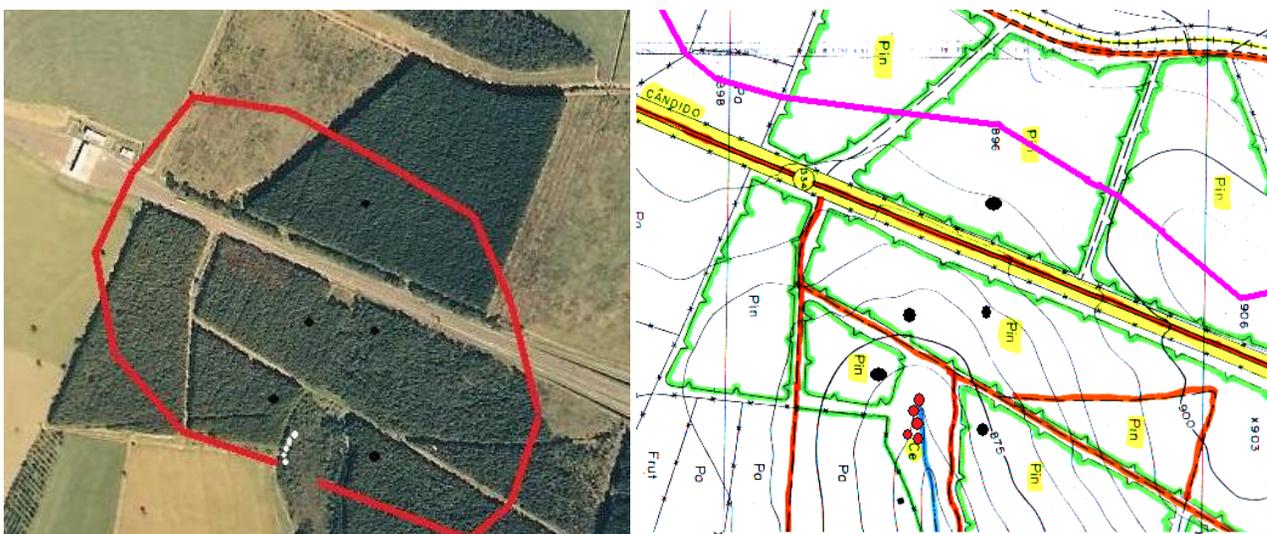


Figura 4A. Microbacia 9 - Pontos de coleta de água (branco e vermelho) e de amostra composta de solo (preto).

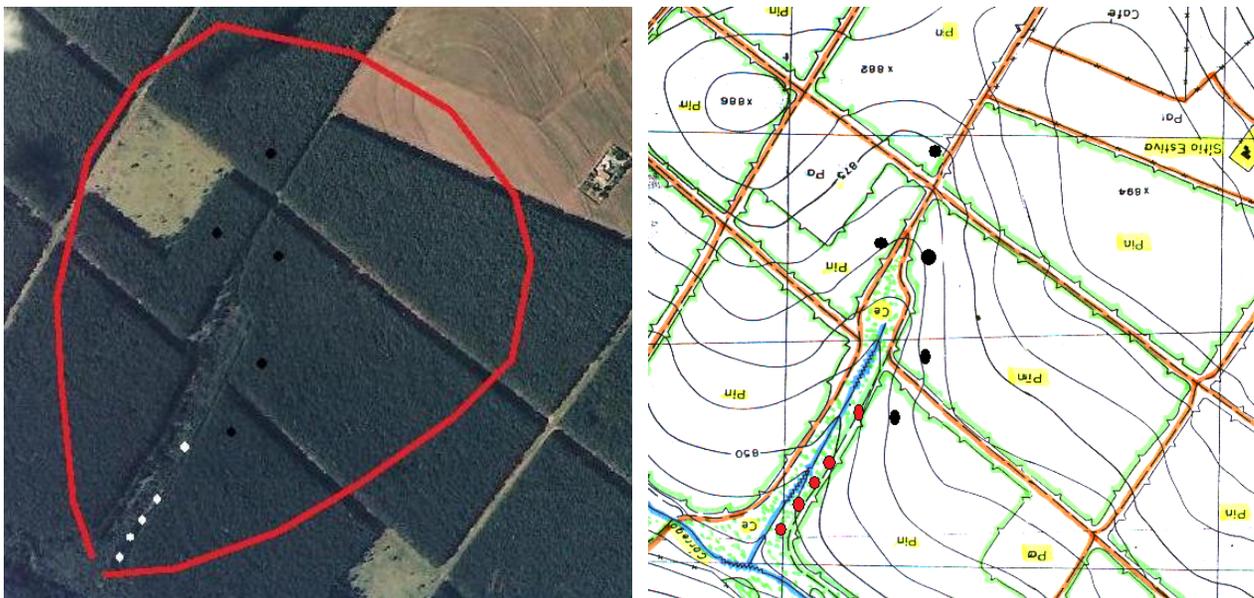


Figura 5A. Microbacia 11 - Pontos de coleta de água (branco e vermelho) e de amostra composta de solo (preto).

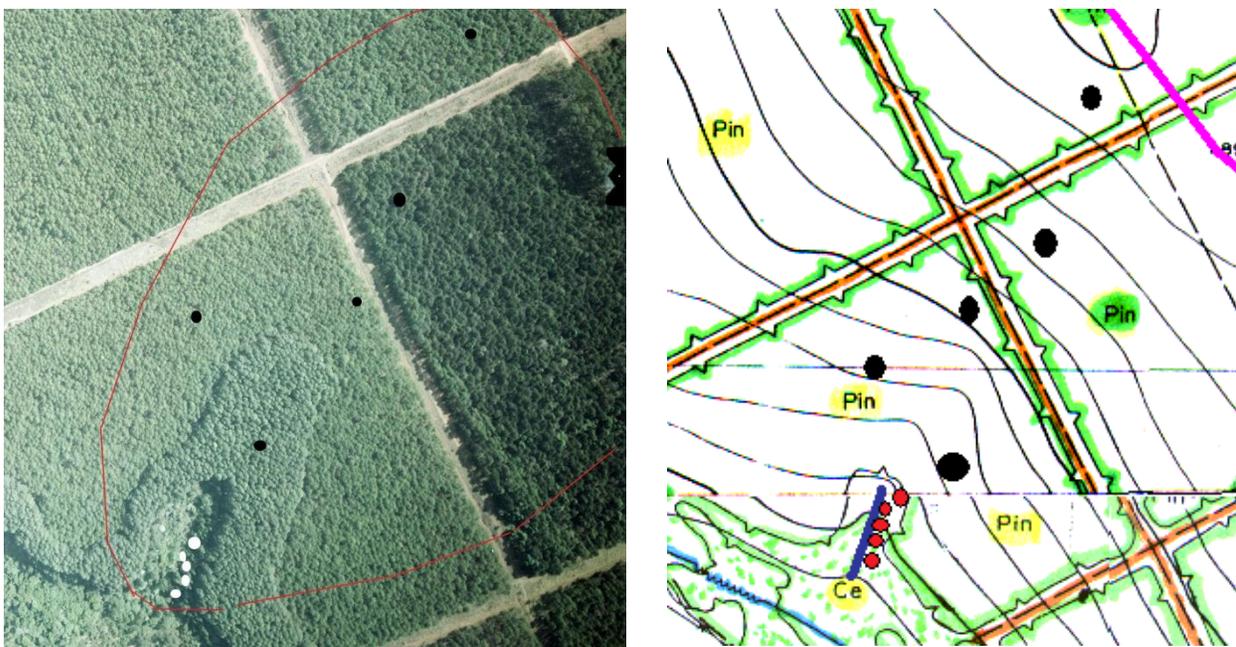


Figura 6A. Microbacia 17 - Pontos de coleta de água (branco e vermelho) e de amostra composta de solo (preto).

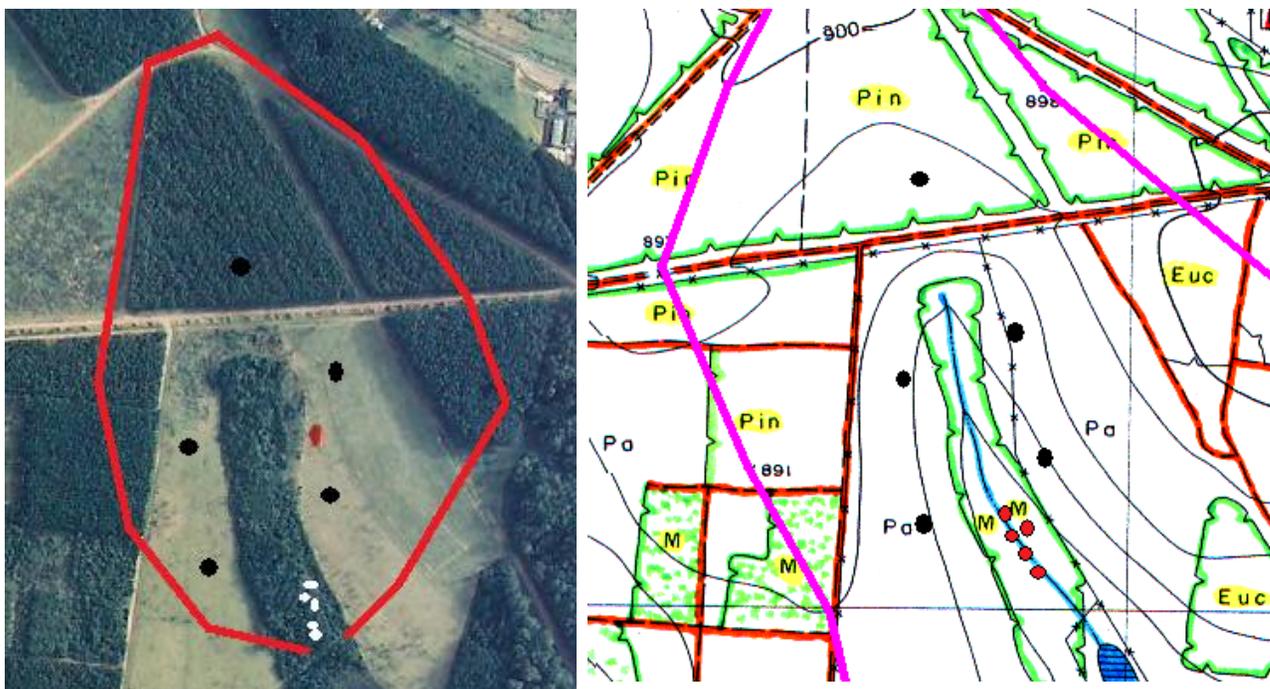


Figura 7A. Microbacia 14 - Pontos de coleta de água (branco e vermelho) e de amostra composta de solo (preto).

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)