

USP

Campus de São Carlos

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E DA
CARGA DE NUTRIENTES DO CÓRREGO DO
CANCÃ, MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS – S.P.

Sílvia Renata de Oliveira

ORIENTADORA: Prof^a Titular Odete Rocha

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E DA CARGA
DE NUTRIENTES DO CÓRREGO DO CANCÃ,
MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS – S. P.**

Sílvia Renata de Oliveira

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP

EXEMPLAR REVISADO

Data de entrada no Serviço: 11/08/03

Ass.: *Silvia Renata de Oliveira*

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Hidráulica e Saneamento.

ORIENTADOR: Profa. Dra. Odete Rocha

São Carlos
2003



DEDALUS - Acervo - EESC



31100044174

Class. TESE-RESC ✓
Cutt. 4006
Tombo T262/03
Sysno 1331603

048a

Oliveira, Sílvia Renata de
Avaliação da qualidade da água e das cargas de nutrientes do córrego do Cancã, município de São Carlos-SP / Sílvia Renata de Oliveira. -- São Carlos, 2003.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 2003.

Área: Hidráulica e Saneamento.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Odete Rocha.

1. Rios-ecologia. 2. Balanço de nutrientes. 3. Ecologia de água doce. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Bacharel **SILVIA RENATA DE OLIVEIRA**

Dissertação defendida e julgada em 28-04-2003 perante a Comissão Julgadora:



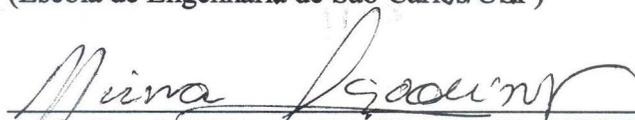
Profª. Tit. **ODETE ROCHA (Orientadora)**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

aprovada



Prof. Assoc. **IVALDO LUIZ GAETA ESPINDOLA**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADA



Profª. Dra. **MIRNA JANUÁRIA LEAL GODINHO**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

APROVADO



Profª. Associada **MARIA DO CARMO CALIJURI**
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia (Hidráulica e Saneamento) e
Presidente da Comissão de Pós-Graduação

Há uma hora certa,
no meio da noite, uma hora morta,
em que a água dorme. Todas as águas dormem:
no rio, na lagoa,
no açude, no brejão, nos olhos d'água,
nos grotões fundos.
E quem ficar acordado,
na barranca, a noite inteira,
há de ouvir a cachoeira
parar a queda e o choro,
que a água foi dormir...
Águas claras, barrentas, sonolentas,
todas vão cochilar.
Dormem gotas, caudais, seivas das plantas,
fios brancos, torrentes.
O orvalho sonha
nas placas de folhagem.
E adormece
até a água fervida,
nos copos de cabeceira dos agonizantes...
Mas nem todas dormem, nessa hora
de torpor líquido e inocente.
Muitos hão de estar vigiando,
e chorando, a noite toda,
porque a água dos olhos
nunca tem sono...

João Guimarães Rosa

*Aos meus pais José Mário e Marlene pelos caminhos ensinados
ao longo de minha vida.*

*Ao meu grande amor Renato pela cumplicidade e ao meu filho
Théo pelo amor,
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Odete Rocha, pessoa generosa e dinâmica, pela preciosa orientação, pela partilha dos conhecimentos, pela oportunidade de trabalhar ao seu lado e pelo constante estímulo ao desenvolvimento do raciocínio ecológico e científico.

À Ana Cláudia Peres pela amizade e pela orientação na análise do fitoplâncton e aos constantes estímulos para sempre seguirmos adiante.

As secretárias do Departamento de Hidráulica, Pavi e Sá, por tudo o que fizeram por mim ao longo do curso de Pós – Graduação.

As secretárias do Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva (DEBE) da Universidade Federal de São Carlos.

Ao CNPQ (Conselho Nacional de Pesquisa) e ao Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC – USP pela concessão da bolsa de estudos.

Aos técnicos da Universidade Federal de São Carlos, José Valdecir de Lucca e Airton Santo Soares pelo auxílio nas análises de laboratório e pelo trabalho de campo.

À Mara, bibliotecária do CRHEA, aos bibliotecários da EESC e a todos que de uma forma ou outra me auxiliaram nesse trabalho, sem os quais sua realização não seria possível.

Enfim, gostaria de agradecer a minha família: a minha mãe, pelas palavras sempre sábias e tranquilizadoras, ao meu pai pelo apoio incondicional, pelas caronas todos os dias de manhã, pelo carro nas idas à São Carlos, enfim por tudo.

À Flávia e à Luciana, queridas irmãs, pela ajuda preciosa na correção e organização deste trabalho, à Mariana e à Elza pela ajuda com o Théo; aos meu irmão José Augusto, pela torcida, pelo amor e incentivo constantes; ao meu cunhado Clodoaldo pela ajuda com os mapas ao meu amor Renato por todas as viagens a São Carlos, pela ajuda nas coletas e análises e por todos os dias que passou ao meu lado me ensinado a ter calma; ao meu filho Théo pela alegria que traz ao meu coração, pelo reconforto de ver no seu sorriso um motivo muito especial para seguir sempre adiante.

Sobre tudo a DEUS que sempre esteve ao meu lado nas mais diferentes formas, por toda a Luz e toda a Coragem.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	v
RESUMO.....	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	04
2.1 – Ecossistemas Lóticos.....	04
2.2 – Bacias Hidrográficas e Qualidade da água.....	07
2.3 –Fundamentação Teórica ou Conceitual sobre os Ecossistemas Lóticos.....	10
2.4 – Aspectos Legais da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil.....	13
3 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	16
3.1– Localização.....	16
3.2 – Caracterização Geológica, Geomorfológica, Pedológica e Usos do solo.....	18
3.3 – Vegetação.....	27
3.4 – Clima.....	31
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	32
4.1 - Estações de Coleta.....	32
4.2 – Época de realização das Coletas.....	32
4.3 – Caracterização morfométrica da microbacia do Córrego do Cancã.....	42
4.4 - Determinação das variáveis climáticas.....	45
4.5 – Variáveis Hidrológicas.....	46
4.6 – Variáveis físicas e químicas da água.....	47
4.7 – Variáveis biológicas.....	49
5 RESULTADOS.....	52
5.1 – Caracterização morfométrica da microbacia do	

Córrego do Cancã.....	52
5.2 – Variáveis Climáticas.....	54
5.3 – Variáveis Hidrológicas.....	59
5.4 – Variáveis físicas e químicas.....	62
5.5 – Nutrientes.....	69
5.6 – Carga de nutrientes.....	76
5.7 – Variáveis biológicas.....	85
5.8 – Índice de estado trófico.....	95
6 DISCUSSÃO.....	96
7 CONCLUSÕES.....	126
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	129
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	131

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Microbacia do Córrego do Cancã, município de São Carlos, S.P. Imagem digitalizada das quadrículas de São Carlos e Ibaté (I.B.G.E – ESCALA 1:50 000). FONTE: LAPA – UFSCAR.....	17
FIGURA 2 – Levantamento Pedológico Semi-detalhado da Microbacia do Córrego do Cancã, município de São Carlos/SP.....	22
FIGURA 3 – Mapa de usos do solo no ano de 1965. Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho.....	25
FIGURA 4 – Mapa de usos de solo no ano de 1998. Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho.....	26
FIGURA 5 – Mapa da Vegetação Remanescente no ano de 1998. Bacia hidrográfica do Rio Monjolinho.....	30
FIGURA 6 – Vista frontal da nascente do Córrego do Cancã. Município de São Carlos/SP.....	33
FIGURA 7 – Estação de coleta 2 no Córrego do Cancã. Município de São Carlos/SP. a) local da criação ao lado do córrego; b) ponto da coleta.....	34
FIGURA 8 - Estação de coleta 3 no Córrego do Cancã. Município de São Carlos/SP, a) ponto da coleta; b) vista frontal da estação, mostrando área de lazer ao fundo.....	35
FIGURA 9 - Estação de coleta 4 no Córrego do Cancã. Município de São Carlos/SP, a) vista do reservatório com a bomba de captação ao fundo; b) saída de água do reservatório.....	36
FIGURA 10 – Estação de coleta 5 no Córrego do Cancã. Município de São Carlos/SP.....	37
FIGURA 11 – Estação de coleta 6 no Córrego do Cancã. Município de São Ibaté/S.P.....	38
FIGURA 12 – Estação de coleta 7 no Córrego do Cancã. Município de Ibaté/S.P....	39
FIGURA 13 – Variação da temperatura média do ar (°C) durante o ano de 2000, na região de São Carlos-SP.....	54

FIGURA 14 -Precipitação média durante o ano de 2000 na região de São Carlos-SP.....	55
FIGURA 15 - Insolação média ($\text{cal.m}^2.\text{dia}^{-1}$) durante o ano de 2000 na região de São Carlos – S.P.....	55
FIGURA 16 - Valores médios mensais da velocidade do vento durante o ano de 2000 na região de São Carlos.....	56
FIGURA 17 - Velocidade máxima por direção durante o mês de abril na região de São Carlos - S.P.....	57
FIGURA 18 - Velocidade máxima por direção durante o mês de novembro na região de São Carlos - S.P.....	57
FIGURA 19 - Freqüência de ocorrência de ventos nas diferentes direções durante o mês de abril na região de São Carlos - S.P.....	58
FIGURA 20 - Freqüência de ocorrência de ventos nas diferentes direções durante o mês de novembro na região de São Carlos - S.P.....	58
FIGURA 21 - Velocidades de escoamento instantâneas representativas do período de seca para todas as estações de coleta no Córrego do Cancã – São Carlos – S.P.....	59
FIGURA 22 - - Velocidades de escoamento instantâneas representativas do período de chuva para todas as estações de coleta no Córrego do Cancã – São Carlos – S.P.....	60
FIGURA 23 -Valores de vazões ($\text{em m}^3.\text{s}^{-1}$) durante o período de seca para os diferentes trechos do Córrego do Cancã –São Carlos – S.P., onde se localizam as estações de coleta.....	61
FIGURA 24 - Valores de vazões ($\text{em m}^3.\text{s}^{-1}$) durante o período de chuva para os diferentes trechos do Córrego do Cancã –São Carlos – S.P., onde se localizam as estações de coleta.....	61
FIGURA 25 - Valores da temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), medidos nas sete estações de coleta durante os períodos de seca e chuva no Córrego do Cancã.....	62

FIGURA 26 - Valores da Condutividade (μSm^{-1}) da água nas sete estações de coleta durante os períodos de seca e chuva no Córrego do Cancã.....	63
FIGURA 27 - Valores de pH obtidos nas sete estações de coleta durante os períodos de seca e chuva no Córrego do Cancã.....	64
FIGURA 28 - Valores da concentração de oxigênio dissolvido na água em (mg.L^{-1}), obtidos durante os períodos de seca e chuva no Córrego do Cancã.....	65
FIGURA 29 - Concentrações de material em suspensão total (mg.L^{-1}), medidos nas sete estações de coleta para os períodos de seca e chuva no Córrego do Cancã.....	66
FIGURA 30 - Concentrações de material em suspensão inorgânico (mg.L^{-1}), medidos nas sete estações de coleta para os períodos de seca e chuva no Córrego do Cancã.....	67
FIGURA 31 - Concentrações de material em suspensão orgânico (mg.L^{-1}), obtidas nas sete estações de coleta, durante os períodos de seca e chuva, no Córrego do Cancã.....	68
FIGURA 32 - Valores das concentrações de amônio (em $\mu\text{g.L}^{-1}$) obtidos nos períodos de seca e chuva no Córrego do Cancã – São Carlos – S.P.....	69
FIGURA 33 - Valores das concentrações de nitrato (em $\mu\text{g.L}^{-1}$) obtidos nos períodos de seca e chuva no Córrego do Cancã – São Carlos – S.P.....	70
FIGURA 34 - Valores das concentrações de nitrito (em $\mu\text{g.L}^{-1}$) obtidos nos períodos de seca e chuva no Córrego do Cancã – São Carlos – S.P.....	71
FIGURA 35 - Valores das concentrações de nitrogênio total (em mg.L^{-1}) obtidos nos períodos de seca e chuva no Córrego do Cancã – São Carlos – S.P.....	72
FIGURA 36 - Valores das concentrações de fosfato total dissolvido (em $\mu\text{g.L}^{-1}$) obtidos nos períodos de seca e chuva no Córrego do Cancã - São Carlos - SP.....	73
FIGURA 37 - Valores das concentrações de fosfato inorgânico dissolvido (em $\mu\text{g/L}$), obtidos dos períodos de seca e chuva no Córrego do Cancã - São Carlos - SP.....	74
FIGURA 38 - Valores das concentrações de fosfato orgânico dissolvido (em $\mu\text{g.L}^{-1}$), obtidos dos períodos de seca (abril) e chuva (novembro) no Córrego do Cancã - São Carlos - SP.....	75
FIGURA 39 - Valores das concentrações de fósforo total dissolvido (em $\mu\text{g.L}^{-1}$), obtidos dos períodos de seca e chuva no Córrego do Cancã - São Carlos - SP.....	75

FIGURA 40 - Valores das concentrações de Silicato Reativo em (mg.L^{-1}) obtidos dos períodos de seca e chuva no Córrego do Cancã - São Carlos - SP.....	76
FIGURA 41 - Cargas de amônio (Kg.mês^{-1}), nas estações de coleta nos períodos de seca e chuva- Córrego do Cancã, município de São Carlos- S.P.	77
FIGURA 42- Cargas de nitrato nas estações de coleta nos períodos de seca e chuva Córrego do Cancã, município de São Carlos- S.P.....	78
FIGURA 43 - Cargas de nitrito (Kg. mês^{-1}) nas estações de coleta nos períodos de seca e chuva – Córrego do Cancã, município de São Carlos – S.P.....	79
FIGURA 44 - Cargas de nitrogênio total (Kg. mês^{-1}) nas estações de coleta nos períodos de seca e chuva – Córrego do Cancã, município de São Carlos – S.P.....	80
FIGURA 45 - Cargas de fosfato total (Kg. mês^{-1}) nas estações de coleta nos períodos de seca e chuva – Córrego do Cancã, município de São Carlos – S.P.....	81
FIGURA 46 - Cargas de fosfato inorgânico (Kg. mês^{-1}) nas estações de coleta nos períodos de seca e chuva – Córrego do Cancã, município de São Carlos – S.P.....	82
FIGURA 47 - Cargas de fosfato orgânico (Kg. mês^{-1}) nas estações de coleta nos períodos de seca e chuva – Córrego do Cancã, município de São Carlos – S.P.....	83
FIGURA 48 - Cargas de fósforo total (Kg. mês^{-1}) nas estações de coleta nos períodos de seca e chuva – Córrego do Cancã, município de São Carlos – S.P.....	84
FIGURA 49 - Cargas de silicato reativo (Kg. mês^{-1}) nas estações de coleta nos períodos de seca e chuva – Córrego do Cancã, município de São Carlos – S.P.....	84
FIGURA 50 – Algas representativas do fitoplâncton do Córrego do Cancã na estação chuvosa.....	88
FIGURA 54 – Organismos representativos da comunidade de invertebrados de água doce registrados no Córrego do Cancã, São Carlos, em novembro de 2001.....	94

LISTA DE TABELAS

TABELA 01- Coordenadas geográficas e altitude das estações de coleta na microbacia do Córrego do Cancã.....	32
TABELA 02 - Taxons fitoplanctônicos em nível de gênero e espécie registrados em diferentes pontos do Córrego do Cancã, em novembro de 2001.....	86
TABELA 03 – Taxons de invertebrados, registrados em diferentes pontos do Córrego do Cancã em novembro de 2001.....	92
TABELA 04 – Quadro comparativo dos valores médios das variáveis especificadas para diferentes córregos e ribeirões da região de São Carlos/S.P.....	103
TABELA 05 – Comparação entre os parâmetros analisados para o Córrego do Cancã e parâmetros estabelecidos segundo s resolução nº 20/1986 pelo CONAMA.....	108

RESUMO

Os estudos em microbacias hidrográficas têm mostrado que as características físicas, químicas e biológicas das águas dos córregos e riachos possuem uma estreita relação com a composição do ambiente terrestre adjacente, refletindo as condições de uso e ocupação dos solos da bacia hidrográfica por eles drenada. A microbacia do Córrego do Cancã, localizada perpendicularmente ao Rio Monjolinho situa-se em uma maior parte no município de São Carlos (SP), e foi estudada sob uma abordagem ecossistêmica. As coletas e análises de campo foram realizadas em sete transectos do córrego, em dois períodos hidrológicos distintos: seca e chuva. A caracterização física e química da água foi realizada através da análise do pH, da condutividade elétrica, da concentração de oxigênio, da temperatura, da concentração e da carga de nutrientes. Alguns dos parâmetros analisados foram comparados aos limites estabelecidos pela CONAMA segundo a resolução nº 20/1986. O Córrego do Cancã, segundo a classificação proposta pela CONAMA, é um rio de classe-2. A água do córrego é levemente ácida tendendo à neutralidade em um gradiente da nascente à foz e caracteriza-se pela baixa condutividade elétrica. A temperatura variou entre os períodos avaliados e especialmente foi influenciada pelos horários de coleta. As concentrações de nutrientes não foram elevadas, e das formas nitrogenadas as mais abundantes foram o nitrato (na estação mais impactada) e o amônio (após o represamento), com valores mais elevados no período de seca. A maior variabilidade foi observada para o nitrogênio total, sendo as maiores concentrações registradas na estação seca. Com base no índice de estado trófico, as águas do Córrego do Cancã foram classificadas como mesotróficas. A forma da microbacia é irregular e ligeiramente alongada e pouco sujeita a enchentes. A área da microbacia foi determinada como sendo de 3,075 Km². Na análise das comunidades planctônicas foram encontrados poucos representantes, distribuídos principalmente nas estações localizadas nos trechos inicial e médio do córrego, sendo, entretanto mais abundantes na nascente. Ocorreu predominância das clorofíceas e diatomáceas entre os organismos fitoplanctônicos e de rotíferos e cladóceros no zooplâncton. A microbacia está sujeita à práticas agrícolas e atividade pecuária semi-intensiva que alteram o balanço de massa dos principais nutrientes, contribuindo para o aumento da carga de nutrientes que são carregados do sistema terrestre para o aquático particularmente no período chuvoso.

ABSTRACT

The studies performed in small hydrographic basins have shown that the physical chemical and biological characteristics of the water in springs and streams have a close relation with the composition of adjacent terrestrial ecosystems, reflecting the uses and activities in the soils in the basin drained by them. The microbasin of Cancã stream belongs to the Monjolinho River basin and is mainly located inside the district of São Carlos (SP). In this study it has been evaluated under the ecosystemic approach. Field sampling and analysis were carried out in seven transects of the stream at two distinct hydrological periods: dry and rainy seasons. Physical and chemical analyses of water were performed by measuring the pH, electrical conductivity, dissolved oxygen and the nutrient concentrations and loads. The parameters obtained were compared to the CONAMA limits, act nº 20/1986. The Cancã stream according to CONAMA proposed system, is classified as a class 2 water. The pH of Cancã water is slightly acid and there a tendency to the neutral from the source to the mouse. It is also characterized by low electrical conductivity. Water temperature has changed between dry and rainy periods and spatially it was influenced by the sampling timing. Nutrient concentrations are low and the main nitrogen compounds present were nitrate and ammonium, at the most impacted site, with highest values in the dry season. The highest variability was obtained for the total nitrogen variability with higher concentrations at the dry season. Based on the trophic state index The water of Cancã stream was classified as mesotrophic. The hydrographic microbasin has a non-regular shape, being slightly elongated and it has low vulnerability to floodings. The area of the catchment was found to be 3,071 Km². Planktonic communities were composed by few organisms mainly occurring at the upper and middle stream stretches, being most abundant at the first stretch. Chlorophyceans and diatoms were the dominant groups among phytoplankton and the rotifers and cladocerans among the zooplankton. Cancã microbasin is subjected to a variety of agriculture and semi-intensive cattle enterprises that have changed major nutrient mass balances, contributing to the increase in nutrient loadings mainly via surface terrestrial runoff.

I – INTRODUÇÃO

Uma das abordagens da Ecologia é o estudo ecossistêmico. O ecossistema é a unidade funcional básica na Ecologia, pois inclui tanto os organismos como seu ambiente abiótico; cada um desses componentes influencia as propriedades do outro, e ambos são absolutamente necessários para a manutenção da vida na Terra (ODUM, 1988).

Segundo (ODUM, op. cit.), as bacias hidrográficas são unidades bastante apropriadas para o estudo ecossistêmico, pois permitem uma melhor compreensão e uma visão holística dos intrínsecos processos naturais que ali ocorrem. A pesquisa ecológica passou a ter uma visão sistêmica, segundo (SILVA, 1994), quando passou a considerar a bacia de drenagem, ou a bacia hidrográfica, como a melhor unidade de trabalho para os estudos ecológicos, fornecendo os subsídios necessários para o entendimento da organização e da dinâmica dos diversos sistemas nela contidos.

A maioria das bacias hidrográficas tem sofrido grandes alterações em tempos recentes, devido ao uso inadequado do solo, ao uso crescente de fertilizantes, herbicidas, inseticidas, e de outros compostos, utilizados em atividades econômicas como a agricultura e a indústria. O uso impróprio ou excessivo dessas substâncias produz um efeito imediato no balanço hídrico e nutricional dos corpos d'água.

Os rios têm sido usados pelo homem mais intensivamente do que qualquer outro tipo de ecossistema. Eles são utilizados de várias formas, como para a pesca, a navegação, o abastecimento e ainda como receptor de vários tipos de descargas; suas cabeceiras têm sido desviadas e seus tributários danificados (BOON, 1992).

Segundo (MARGALEF, 1983), um ecossistema não é controlado exclusivamente por sua leis internas, mas sofre constantes pressões oriundas dos ambientes adjacentes, e responde a elas, alterando seu funcionamento. Todos os rios são sistemas mais ou menos forçados e é o aporte do material dos ecossistemas terrestres periféricos que promove tal modificação. Em conseqüência, ainda segundo (MARGALEF 1991), a composição química da água de um rio é um excelente indicador da saúde da bacia hidrográfica.

As características químicas são muito importantes para a avaliação das águas, pois permitem classificá-las quanto à concentração iônica, o teor de oxigênio dissolvido, a contaminação por compostos tóxicos, e ainda avaliá-las quanto ao conteúdo de nutrientes como: compostos nitrogenados, fosforados e a concentração de silicato. Todas essas variáveis permitem avaliar o equilíbrio bioquímico e químico que promovem as condições de manutenção da vida aquática.

O crescimento acelerado da população humana, a má distribuição de renda e a falta de educação, aliados à crescente urbanização, contribuem para o crescimento desordenado dos bairros periféricos das cidades, onde ainda não existem infra-estrutura e saneamento básico suficientes para atender à grande demanda. Tais situações atuam gerando impactos que, na maioria das vezes, agridem prontamente os corpos d'água seja pelos lançamentos diretos de esgotos e efluentes (agrícolas e industriais) não tratados, ou pelo uso e ocupação inadequada da bacia de drenagem.

Assim, no presente estudo foi proposta a análise da microbacia do Córrego do Cancã através de uma abordagem ecossistêmica, com a finalidade de diagnosticar o seu atual estado em termos de características físicas, químicas e biológicas da água, as características do sistema terrestre adjacente e analisar os principais fatores determinantes no balanço de nutrientes do sistema.

O objetivo geral da análise da área de estudo foi contribuir para o conhecimento da qualidade das águas superficiais do Município de São Carlos e seus fatores determinantes. Para isso foram propostos os seguintes objetivos específicos:

1- Analisar as características morfométricas e hidrológicas da microbacia do Córrego do Cancã.

2- Analisar as principais características físicas e químicas da água do Córrego do Cancã em duas estações climáticas contrastantes: o início da estação seca em abril, e o início da estação chuvosa em novembro.

3- Determinar a carga de nutrientes (nitrogênio e fósforo) transportado pelo Córrego do Cancã, nas duas estações climáticas distintas.

4- Analisar a influência do relevo, da cobertura vegetal, dos usos do solo e de outras atividades antrópicas sobre as características físicas e químicas, e sobre a carga de nutrientes no Córrego do Cancã.

5- Comparar alguns dos parâmetros físicos e químicos obtidos no presente estudo (pH, oxigênio dissolvido, sólidos suspensos e concentração de nitrato) com os limites estabelecidos pelo *CONAMA* através da resolução nº 20 de 1986, na tentativa de classificar o córrego em estudo segundo a qualidade de sua água a partir dos parâmetros analisados.

2 – REVISÃO DA LITERATURA

2.1 – *Ecosystemas Lóticos*

Segundo (LIKENS, 1992) o ecossistema fornece uma estrutura conceitual ideal para o estudo das interações entre os organismos e seu meio. O autor o define como uma porção espacialmente explícita da Terra, incluindo sua biocenose e seu biótopo, dentro de limites que geralmente são determinados segundo a conveniência do investigador e com base no conhecimento da descontinuidade funcional existente em relação ao ecossistema adjacente.

Um ecossistema lótico pode ser entendido como um sistema de segmentos que convergem e se organizam com um número cada vez menor de canais onde existe um efeito estabilizador: químico, pela mistura dos afluentes que mesclam suas águas; biológico pela seleção contínua que é exercida sobre os representantes de populações não idênticas e por último hidrológico, pela reunião em um único canal de fluxos que se originam em bacias distintas (MARGALEF, 1983).

Toda a extensão de um rio ou apenas um trecho deste, não constitui um sistema isolado (KARR & DUDLEY, 1981). Segundo MAIER (1983) os rios constituem ecossistemas abertos e lineares cujas características variam ao longo do tempo e do espaço (WELCOME, 1980).

Os rios representam um elo do ciclo hidrológico e biogeoquímico, um local de erosão, transporte e sedimentação de materiais geológicos dissolvidos e suspensos. Segundo CURRY (1975), trata-se de um sistema físico, hidrodinamicamente balanceado que distribui energia e trabalho em todas as áreas da Terra.

Historicamente as áreas urbanas localizadas ao longo do curso dos rios, apropriam-se de sua área devido à importância deste sistema como rota de comércio ou transporte de embarcações (OSBORNE & WILLEY, 1988)¹ apud (SOUZA & TUNDISI, 2000).

Segundo SANTOS (1993), em todo lugar do mundo os rios sempre foram vistos como um canal simples para remoção do excesso de água da área agrícola, como um receptor de efluentes ou como um gerador de energia elétrica. Os corpos d'água sempre foram considerados a melhor maneira de enviar os resíduos das atividades humanas para longe do local onde foram gerados (ROCHA et. al, 2000).

Para BOON (1992), um dos vários fatores que atraem seu uso é a presença de um movimento unidirecional em suas águas, o que garante um sistema rápido de remoção das substâncias indesejáveis e um valioso depósito de energia potencial, suas águas se movem fornecendo suprimento de alimento e oxigênio corrente abaixo, transportando resíduos e garantindo um eficiente mecanismo de dispersão. Este mesmo fato é vitalmente importante para vários animais e vegetais aquáticos que habitam rios e córregos.

A organização horizontal dos sistemas lóticos talvez seja o fato mais importante em relação ao entendimento do funcionamento desses sistemas. A organização vertical freqüente na maioria dos ecossistemas aparece deformada, seu eixo vertical está inclinado de tal forma que é quase horizontal no sentido da corrente (RIOS, 1993).

¹ OSBORNE, L.L. & WILEY, M.J. (1988). Empirical relation – ship between land use-cover and stream water quality and agricultural watershed. *Journal of Env. Manegement*, 26: 9-27

Os rios são provavelmente os sistemas mais característicos das águas continentais. Eles são comparáveis aos caminhos, assim como os lagos podem ser comparados às cidades e historicamente sabe-se que os caminhos são mais importantes que as cidades. Portanto, as populações, ocupando as bacias hidrográficas, ocupam o que é essencialmente um sistema de transportes (MARGALEF, 1983).

A Limnologia inicialmente ocupou-se quase que exclusivamente do estudo dos sistemas lênticos. Segundo MARGALEF (op. cit.), as águas correntes, ou os sistemas lóticos se não eram excluídos formalmente da Limnologia, eram classificados como sistemas secundários, nos quais a aplicação dos conceitos ecológicos de comunidade e ecossistema suscitavam demasiadas dificuldades. Para o autor é preciso revalorizar os estudos em ambientes lóticos, pois estes estão ligados à evolução e a manutenção do equilíbrio na Biosfera.

Apesar da grande importância dos sistemas lóticos ao longo da história da civilização, esses sistemas não receberam a devida atenção e começaram a ser estudados, segundo uma abordagem ecossistêmica, apenas recentemente. Os primeiros estudos, segundo CUMMINS (1988) foram realizados na Europa no começo do século XX, com os trabalhos de Steinmann (1907); Thienmann (1925); Carpenter (1928); Wesenberg-Lund (1943) e Berg (1948) apud CUMMINS (op. cit.), que enfocavam as análises ictiológicas. Nos anos 50 teve início outro tipo de abordagem, enfocando as relações tróficas, os ciclos de vida e a morfologia, tais estudos foram realizados por Odum (1957) e Margalef (1960). Posteriormente, Hynes, em 1970, publica a obra “The Ecology of Running Waters”, data onde se dá a emancipação da ecologia dos sistemas lóticos dentro da Limnologia.

De acordo com a abordagem dada aos estudos limnológicos em águas continentais, (FILHO, 1998) os estudos ecológicos no século passado podem ser divididos em três fases: no início, os estudos eram descritivos e enfocavam os ecossistemas lênticos, a história natural das comunidades e os padrões de distribuição

da biota; em meados do século, os estudos davam ênfase às relações tróficas com análises da produtividade primária e do fluxo energético ao longo do curso d'água. No início da década de 60, com a introdução do conceito de bacia hidrográfica por Vollenweider, iniciaram-se os estudos experimentais focalizando as interações entre fatores abióticos e bióticos.

Assim, desde o final do século passado, os estudos visam uma abordagem holística, analisando conceitos e considerando os rios como resultados de combinações interdependentes das paisagens terrestres e aquáticas. Surge então, a análise ecossistêmica que utiliza como ferramenta de estudo, a unidade básica chamada bacia hidrográfica ou bacia de drenagem.

2.2 – Bacias Hidrográficas e Qualidade da água

Com a percepção de que os rios são ecossistemas essencialmente abertos, trocam matéria e energia entre si e com os ambientes terrestres adjacentes, iniciou-se o uso da bacia hidrográfica como unidade de planejamento nas investigações e no gerenciamento dos recursos hídricos (ROCHA et. al., 2000) A bacia hidrográfica é definida topograficamente, como uma área drenada por um curso d'água ou um sistema conectado de cursos d'água de forma que toda a vazão efluente seja descarregada através de uma simples saída (VILLELA, 1975).

ODUM (1988) afirma ainda que o conceito de bacia hidrográfica ajuda a colocar em perspectiva muito dos nossos problemas e conflitos. As causas e soluções da poluição dos recursos hídricos não serão encontradas, segundo o autor, olhando-se apenas para dentro d'água, mas para toda a bacia de drenagem, pois geralmente é a gestão incorreta da bacia que destrói os recursos hídricos. A bacia de drenagem inteira deve ser considerada a unidade de gerenciamento.

Como as águas correntes são sistemas essencialmente abertos (HYNES, 1970), e com íntima relação com o meio terrestre adjacente, existem dificuldades em delimitar esse tipo de ecossistema (STAZNER, 1987)² apud SANTOS (1993). Devido às características do sistema, a composição química de suas águas é extremamente variável e controlada por uma série de fatores tais como a climatologia, topografia, a pedologia, a geologia e a vegetação características da bacia de drenagem (SOUZA & TUNDISI, 2000).

Qualquer tipo de uso do solo na bacia hidrográfica interfere no ciclo hidrológico, não importando o grau com que esse uso utiliza ou dependa da água, desde que o uso do recurso solo interfira no recurso água, segundo (PIRES & SANTOS, 1995 apud ROCHA et. al., 2000).

Segundo (PAYNE, 1986), o meio adjacente exerce grande influência sobre os ecossistemas lóticos, devido à considerável superfície de interação das águas com o ecossistema terrestre. Estudos realizados em bacias hidrográficas na região de São Carlos têm mostrado a dependência da composição química entre as águas dos riachos e as características dos ecossistemas terrestres: (SÉ, 1992; GALLI 1997; RIOS, 1993; SANTOS, 1993; TEIXEIRA, 1993; PELAEZ, 2001; PERES, 2002).

MARGALEF (1983), evidenciou que a composição química dos rios reflete em maior grau do que nos lagos, a natureza das rochas e o grau de maturidade e conservação do solo, portanto as características do ecossistema terrestre adjacente. WHITFIELD³ (1983) apud SOUZA & TUNDISI (op. cit.) ressalta que os fatores geológicos unidos aos usos do solo da bacia são os fatores mais importantes para a determinação da qualidade da água de um sistema lótico.

²STAZNER, B. (1987). Characteristics of lotic ecosystems and consequences for future research directions. In: SCHULZE, E.D., ZWOLFER, H. Potentials and limitations of ecosystem analysis. Berlin: Springer. Verlag, p. 365-389.

³ WHITFIELD, P.H. (1983). Regionalization of water quality in the upper Fraser river basin, Bristh Columbia. *Water Research*, 17(9): 1053-1066.

Segundo SILVA (1994) e GIBBS (1970) a composição primária das águas superficiais deve-se a três mecanismos de maior controle da química das águas superficiais, como a precipitação a evaporação/cristalização e processos como a “lixiviação do solo e rochas da bacia de drenagem”.

MEYBECK & HELMER (1992), definiram que a qualidade de um ambiente aquático pode ser avaliada segundo: I) a presença de substâncias inorgânicas e orgânicas em diferentes concentrações e especiações e II) a composição da biota aquática presente nesse ambiente. A qualidade da água, portanto, pode ser avaliada através de medidas quantitativas físicas e químicas (na água, no material particulado e nos organismos), de medidas biológicas ou bioquímicas (medidas de DBO₅, teste de toxicidade) e semiquantitativas ou qualitativas (índices bióticos, aspectos vegetacionais, visuais, etc.). Estas determinações são realizadas no campo e no laboratório, produzindo vários tipos de informações que oferecem diferentes interpretações técnicas.

PORTO et. al. (1991) referem-se às características químicas como sendo as mais importantes para caracterização das águas, pois permitem classificá-las quanto à concentração iônica, contaminação por compostos tóxicos e avaliar a composição de nutrientes como os compostos nitrogenados, fosforados, traços de metais pesados, oxigênio dissolvido, sílica, ferro, além de permitirem uma avaliação do equilíbrio bioquímico que promove condições de manutenção da vida.

Em termos da composição química da água, LIVINGSTONE⁴ (1963), apud ODUM (1988), divide os rios do mundo em três tipos: rios de águas alcalinas ou de carbonato, cuja química é influenciada principalmente pelo intemperismo das rochas; rios de águas ácidas ou de cloreto, influenciados pela precipitação atmosférica; e os rios de águas negras ou húmicos, que são influenciados pela quantidade de matéria orgânica presente.

⁴ LIVINGSTONE, D.A (1963). *Chemical composition of Rivers and Lakes*. U.S. Geological Survey Paper 440-G.

2.3 – Fundamentação Teórica ou Conceitual sobre os Ecossistemas

Lóticos

Algumas teorias são extremamente importantes para o bom entendimento, o estudo e a análise dos ecossistemas lóticos, fornecendo a fundamentação teórica necessária à abordagem ecossistêmica das bacias hidrográficas.

Segundo a teoria do contínuo fluvial ou “*river continuum concept*” postulada por (VANNOTE et.al., 1980); (MINSHAL, 1985); (CUMMINS et.al, 1984) e (CUMMINS, 1988), há, ao longo do curso de um rio ou um riacho, um gradiente de variáveis ecológicas da nascente à foz. Ocorrem alterações longitudinais no metabolismo da comunidade, na diversidade biótica, na largura, na profundidade, na temperatura, na concentração de nutrientes e no tamanho das partículas suspensas.

Em função dessas alterações físicas e químicas ocorrem sucessões nas comunidades animais e vegetais desde a região das cabeceiras até a foz, (ROCHA et. al., 2000). Este contínuo ajuste biótico resulta de diversos padrões de tamanho, transporte, utilização e estoque de matéria orgânica ao longo do rio (GALLI, 1997).

De acordo com a teoria acima citada, os rios podem ser divididos em três segmentos ou zonas geomorfológicas distintas: as nascentes ou cabeceiras, formam a primeira zona e se caracterizam principalmente pela forte influência da mata ciliar através do sombreamento e da produção alóctone, pela composição do substrato formado por pedras e cascalhos, pela baixa variação sazonal da temperatura e pela baixa diversidade biológica.

A segunda zona, chamada de zona intermediária, curso médio ou zona de remanso, é caracterizada pela grande diversidade biológica propiciada pela ampla variação sazonal da temperatura, pela diminuição na velocidade de escoamento, e pelo aumento da produção autóctone que aqui passa a ter a mesma importância que a produção alóctone. Nesta zona observa-se uma estabilidade no canal, o que possibilita que a sedimentação de nutrientes e matéria orgânica se iguale à sua remoção.

A terceira zona é caracterizada pela deposição constante em um delta ou estuário que, muitas vezes, são extremamente férteis. Em geral apresenta substrato fino, formado principalmente por partículas sedimentadas que foram erodidas dos segmentos superiores, possui uma menor heterogeneidade espacial e pequena variação térmica, o que resulta em uma pequena diversidade biológica.

A teoria sobre os ecossistemas lóticos foi desenvolvida em rios naturais isentos da atuação antrópica. Outros ecossistemas lóticos em diferentes altitudes, latitudes e em condições meteorológicas distintas (seca, por exemplo), podem desviar-se do modelo geral e então, desta maneira a aplicação dessa teoria passa a ser limitada, como têm demonstrado os estudos de (STATZNER & HIGLER, 1985; RYDER & SCOTT, 1988; SABATER et. al., 1989; WITTON, 1991; SÉ, 1992; RIOS, 1993; SANTOS, 1993; TEIXEIRA, 1993; LAGE E FILHO, 1996 e GALLI, 1997).

Considerando que o conceito do *continuum* fluvial deve ser aplicado somente em bacias que não sofreram atuação antrópica foi proposto em 1983 por WARD & STANFORD, o “Conceito da Descontinuidade Serial” para ser aplicado em bacias hidrográficas já impactadas pelo homem. Segundo os autores, uma interferência, como, por exemplo, um represamento, produz alterações longitudinais, nos processos bióticos e abióticos, sendo que a direção da mudança (à montante ou à jusante) depende da posição do impacto.

(SABATER et. al., 1989), demonstrou, quando estudava o rio Ter na Espanha, que o processo de descontinuidade pode ser útil para se avaliar outros parâmetros tais como poluição, entrada de tributários e autodepuração. Essas descontinuidades alteram profundamente o regime limnológico dos corpos d'água, afetando, assim, toda a biocenose local.

Segundo (ALLAN, 1995), quando o contínuo de um rio é interrompido por uma barragem, alterações físicas e químicas modificam profundamente a estrutura e o funcionamento do sistema. A regulação de rios por barragens, desvios, canalizações e outros controladores físicos, alteram o regime natural do fluxo, interrompendo o contínuo da corrente, que resulta em uma análise imediata, na perda da heterogeneidade espacial e temporal do curso.

Outra teoria desenvolvida para o estudo dos ecossistemas lóticos foi postulada por JUNK et. al em 1989 e intitulada: “*Flood Pulse Concept in River Floodplain System*”. Esta teoria é utilizada principalmente para rios tropicais de bacias hidrográficas de médio e grande porte. Segundo a teoria, em rios tropicais que possuem grandes áreas alagáveis, ocorrem inundações periódicas. São estes “pulsos” de inundação que promovem significativas mudanças ecológicas em toda a bacia hidrográfica. Assim, diferentemente do conceito do *continuum* fluvial, esta teoria defende a idéia de que a biomassa animal de um rio é dependente direta ou indiretamente dos nutrientes gerados nas planícies de inundação e não do transporte rio abaixo da matéria orgânica produzida à montante do curso.

Esta teoria foi postulada pelos autores que utilizaram as bacias hidrográficas amazônicas, com grandes áreas alagáveis e com pouca interferência antrópica como modelo, o que limita a aplicação deste conceito em pequenas bacias hidrográficas que sofrem constantes impactos pela ação humana, (LAGE FILHO, 1996).

A Teoria do espiralamento de nutrientes ou “*nutrient spiralling concept*” foi desenvolvida por (ELWOOD et. al, & NEWBOLD et. al., 1983)⁵ apud (ROCHA et. al., 2000). Segundo a teoria os nutrientes nos ambientes lóticos não são ciclados em um local determinado, como ocorre com os nutrientes presentes nos ecossistemas terrestres, porém, devido ao contínuo movimento da água e dos materiais rio abaixo, a ciclagem é interrompida. Os autores propuseram que a ciclagem verdadeira ocorreria em uma espiral rio abaixo onde os átomos transportados à jusante são incorporados à matéria particulada e recirculados à montante.

2.4 – Aspectos Legais da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil

Pretende-se aqui relatar rapidamente a evolução dos aspectos institucionais e legislativos no âmbito de proteção dos recursos hídricos no país.

No âmbito jurídico, o Brasil em 1934 instituiu o Código das Águas que constituiu um marco histórico no disciplinamento do uso e da conservação dos recursos hídricos ROCHA et. al., op. cit.). O Código das Águas pode ser considerado uns dos primeiros e mais avançados instrumentos legislativos de proteção aos recursos hídricos do mundo, apoiando-se em conhecimentos sobre os princípios do uso múltiplo de recursos e das relações entre a prevenção e os impactos de atividades degradadoras em bacias hidrográficas bem como da manutenção da qualidade e da quantidade de água. Apesar de seus quase setenta anos, o Código das Águas, ainda é considerado na doutrina jurídica como um dos textos modelares brasileiros (NASCIMENTO, 2000).

⁵ ELWOOD, J.W.; NEWBOLD, J.D; O'NEILL, R.V. & VAN WINKKLE, V. (1983). Research spiralling and operational paradigm for analysing lotic ecosystems. In: TD FOUNTANE & S.M. BARTELL (eds). *Ann Arbor Science Publishers, Ann Arbor*, pp. 3-27

A Secretaria de Agricultura do Governo Federal era o órgão administrativo da água, no início do século, devido ao caráter essencialmente agrícola da economia brasileira da época. A partir da década de 30, com o aparecimento de uma política que visava os recursos hídricos como geradores em potencial de energia elétrica, foram criados órgãos responsáveis pela gestão das águas, porém quase todos eles estavam relacionados à energia elétrica e ao saneamento básico urbano e industrial. Na década de 50 (1951-1954), o Estado elabora o Plano Nacional de Eletrificação delegando a administração dos recursos hídricos aos governos estaduais e federais, através do controle das hidrelétricas. Em 1951 foi criado o Departamento de Energia Elétrica – *DAEE*. Em 1960, cria-se o Ministério das Minas e Energia e no ano seguinte a Eletrobrás.

Em 1945, o Departamento Nacional da Produção Mineral (*DNPM*) promulga o DECRETO-LEI nº 7.841, que institui o Código das Águas Minerais. No ano de 1972 o mesmo departamento baixa Portaria nº 117, disciplinando normas para a realização das análises bacteriológicas de que trata o Código das Águas Minerais.

Em 1986 o Conselho Nacional do Meio Ambiente (*CONAMA*), através da Resolução nº 20, estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional, com base em parâmetros e indicadores específicos para melhor distribuir seus usos, especificando os níveis de qualidade requeridos, de modo a assegurar seus usos preponderantes.

Em 1988, a Constituição vigente altera trechos do texto contido no Código da Águas, modificando alguns aspectos, entre os quais o domínio privado da água. A partir desse ano todos os corpos d'água passaram a ser de domínio público. Segundo a Constituição ficam estabelecidos apenas dois domínios para os corpos d'água no Brasil: 1) o domínio da União para rios e lagos que banhem mais de uma unidade da federação ou que sirvam de fronteira entre essas unidades, ou de fronteira entre países vizinhos, e 2) o domínio dos estados, para as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes ou em depósito, ressalvadas neste caso, as obras da União.

Em 8 de janeiro de 1997 foi sancionada a Lei nº 9.433 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Gerenciamento de Recursos Hídricos, organizando o setor de gestão e planejamento dos corpos d'água em âmbito nacional, através da adoção de princípios básicos praticados em quase todos os países que avançaram na gestão dos recursos hídricos como, por exemplo: 1) adoção da bacia hidrográfica como unidade de gestão; 2) usos múltiplos da água; 3) reconhecimento da água como bem finito e vulnerável; 4) reconhecimento do valor econômico da água e 5) gestão descentralizada e participativa.

Em 1998, o *DNPM*, regulamenta as ações e procedimentos necessários à definição de áreas de proteção das fontes, balneários e estâncias de águas minerais e potáveis de mesa em todo o território nacional, objetivando sua preservação, conservação e racionalização do uso.

O Conselho Nacional dos Recursos Hídricos (*CNRH*) em 10 de abril de 2000 estabelece, através da Resolução nº 5, diretrizes para a formação e o funcionamento dos Comitês das Bacias Hidrográficas, de forma a implementar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, conforme foi estabelecido pela lei 9.433.

A lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000 dispõe sobre a criação da *ANA* - Agência Nacional de Água que regulamenta o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos e da implementação da política Nacional dos Recursos Hídricos. Essa empresa é responsável por obras contra enchentes e secas, cuidados com a qualidade das águas e pelo controle da poluição. O Sistema Nacional de Recursos Hídricos é integrado por um Conselho Nacional, pelos Conselhos Estaduais, Comitês de Bacia Hidrográficas e suas respectivas Agências de Águas, além dos órgãos federais, estaduais e municipais, relacionados à gestão dos recursos hídricos.

3 - DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 - Localização

A microbacia do Córrego do Cancã está localizada aproximadamente entre: 21° 57" e 22° 03" de latitude Sul, e entre: 48° 01' e 48° 06' de longitude oeste da cidade de São Carlos, Estado de São Paulo, (I.B.G.E., 1971). O Córrego Cancã percorre uma extensão aproximada de 9 Km, estendendo-se no sentido Nordeste/Sudeste, constituindo um dos tributários do Rio Monjolinho (Figura 1). Localiza-se fora do perímetro urbano, na região limítrofe das cidades de São Carlos e Ibaté (Estado de São Paulo), com acesso próximo à nascente pela Rodovia Washington Luís.

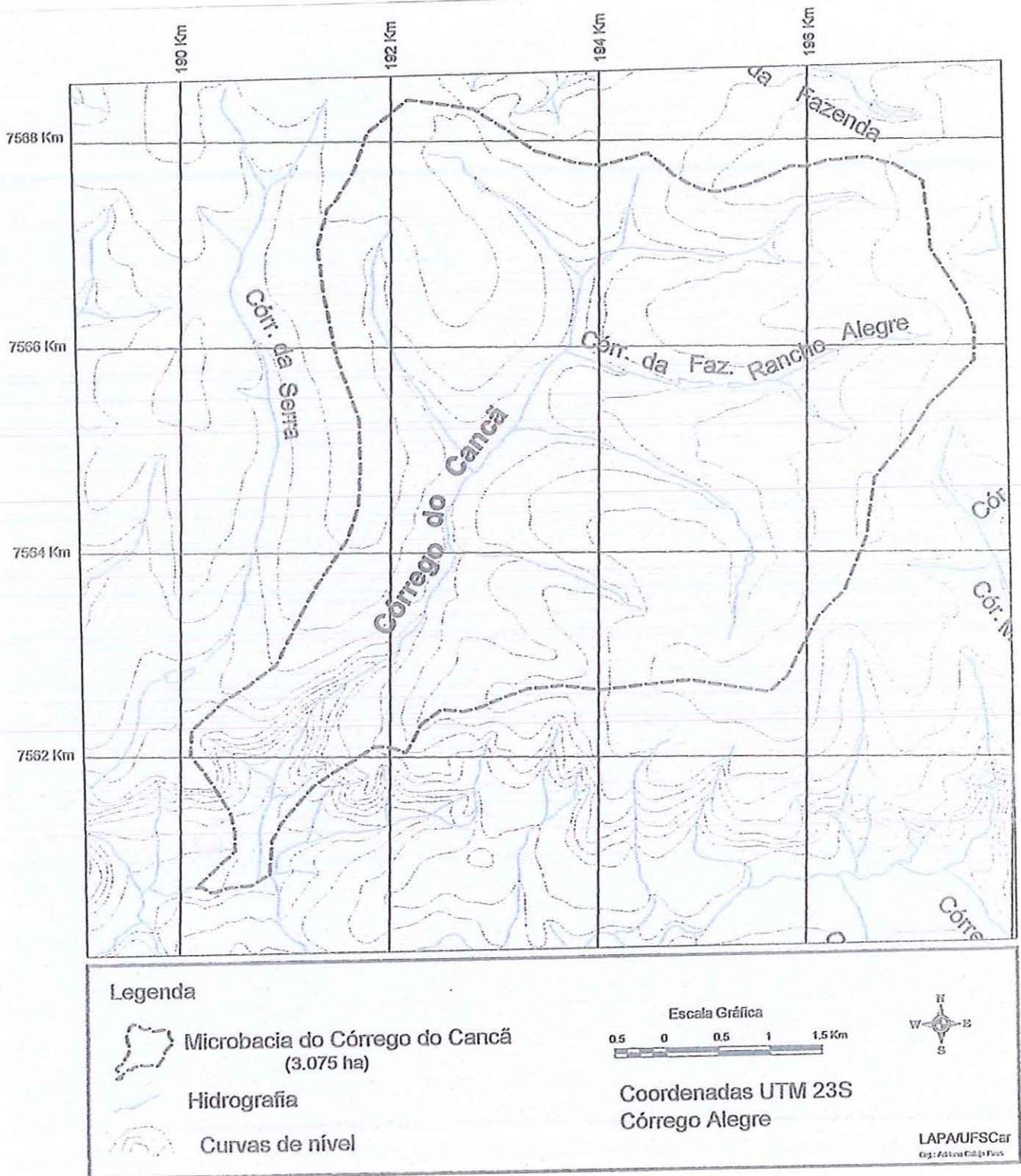


Figura 1 – Microbacia do Córrego do Cancã, município de São Carlos, S.P. Imagem digitalizada das quadrículas de São Carlos e Ibaté (I.B.G.E – ESCALA 1:50 000).
 FONTE: LAPA - UFSCAR

3.2 – Caracterização Geológica, Geomorfológica, Pedológica e Usos do Solo.

Para a caracterização desses aspectos na área de estudo foram utilizadas cartas topográficas, temáticas e pesquisa bibliográfica oriundas de diferentes fontes mencionadas a seguir.

3.2.1 – Aspectos Geológicos

Segundo AGUIAR (1988) as ocorrências geológicas podem ser subdivididas em dois grupos: 1- Substrato Geológico, com litologia aflorante ou não e 2- Material Inconsolidado, sobre os substratos, que são praticamente os solos ali desenvolvidos. Essa subdivisão foi considerada na descrição dos aspectos geológicos da microbacia do Córrego do Cancã.

O substrato geológico ao qual pertence a área de estudo é o Grupo Bauru, formação Adamantina, idade Cretáceo Superior. Este grupo é caracterizado pela presença de bancos de arenitos, de um modo geral, róseo-esbranquiçados. A granulação é diversificada, de fina a média, os grãos são argilosos com a presença de quartzitos, quartzo e argila avermelhada em matriz siltica arenosa. A formação Adamantina caracteriza-se na parte inferior por uma drenagem pouco organizada, com a predominância de um ambiente fraco em energia, o que levou à formação de lagos rasos. A área de domínio dessa formação na bacia hidrográfica do Rio Monjolinho corresponde a toda faixa norte, onde se localiza a microbacia em estudo.

Sobre esse substrato encontra-se assentado o material inconsolidado do tipo Arenoso III, segundo classificação de AGUIAR (op. cit.), sendo predominantemente arenoso-argiloso com coloração amarelo-avermelhada. A formação granulométrica predominante é a areia fina, com total de finos nunca inferior a 27% (SÉ, 1993).

3.2.2 – Aspectos Geomorfológicos

O Estado de São Paulo pode ser dividido, segundo (ALMEIDA, 1964), em cinco províncias geomorfológicas: Planalto Atlântico, Província Costeira, Depressão Periférica, Cuestas Basálticas e Planalto Ocidental. A bacia hidrográfica do Rio Monjolinho, na qual esta contida a microbacia do Córrego do Cancã, desenvolveu-se na Província Geomorfológica de *Cuestas Basálticas* (PONÇANO et. al.⁶, 1981 apud SÉ, 1993).

Do ponto de vista morfológico, a província de *Cuestas* apresenta relevo escarpado nos limites da província de Depressão Periférica, acompanhado de uma sucessão de extensas plataformas estruturais de relevo suavizado. Na província de *Cuestas Basálticas* predominam os relevos de morros, de modo que as colinas e morrotes da Depressão Periférica e do Planalto Ocidental ficam separados por uma faixa de relevo mais acidentado. Quanto à drenagem caracteriza-se por um sistema bastante diversificado capaz de abrigar rios que nascem em outras províncias. O relevo é fortemente influenciado pelos processos erosivos (MACIEL, 2000).

3.2.3 – Aspectos Pedológicos

Basicamente dois tipos de solo compõem a microbacia do Córrego do Cancã: **Latossolos e Solos Litólicos**.

a) *Latossolos*

São solos bem drenados com seqüência quase que indiferenciada de horizontes. Em geral os latossolos estão presentes em regiões de relevo mais suave, sendo solos muito velhos e com horizonte extremamente intemperizado. Possuem

⁶ PONÇANO, W. L. (1981) *Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo*. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais ; Companhia de Promoção de Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de São Paulo.

espessura mínima de 30 cm variando mais freqüentemente entre 1,5 e 4 cm (SÉ, 1993). Em sua grande maioria, são solos que apresentam problemas de fertilidade (pouca quantidade de matéria orgânica), distróficos (baixa disponibilidade de nutrientes) e ácidos com baixa eficiência de troca catiônica e com grande capacidade de adsorção de fósforo (SOUZA, 2000).

Observando o levantamento pedológico semidetalhado da microbacia do Córrego do Cancã (Figura - 2), nota-se na região, a presença de uma área maior desde os trechos superiores até o curso médio, de Latossolo Vermelho Escuro (LE-3 + LRe) da Unidade Dois Córregos e Unidade Ribeirão Preto.

Uma pequena área da região da nascente dos afluentes do córrego possui formação Latossolo Vermelho Amarelo (LV-5) da unidade Canchim. Esse solo possui uma reserva baixa de nutrientes e reduzido teor de matéria orgânica, o que aumenta sua suscetibilidade à erosão. Quanto às características analíticas, essa unidade se caracteriza por apresentar textura argilosa ou média, com predominância de areia grossa sobre areia muito fina. São solos álicos (saturação de Al é superior a 50%), fortemente ácidos (pH entre 4,5 e 4,7) e distróficos (saturação por bases inferior a 50%). Ocorrem geralmente em regiões de relevo suave e ondulado, em topos de colinas e em trechos superiores e médios das vertentes (SOUZA, 2000).

Da região da nascente até o curso-médio do córrego, ocorre o Latossolo Vermelho Escuro da Unidade de Dois Córregos (LE3 + LRe). Tais tipos de solo podem ser caracterizados por serem solos minerais profundos e bem drenados, com coloração indiscriminada (vermelha ou amarela), com diferentes classes texturais, desenvolvidos a partir dos mais diversos materiais originários. Possuem horizonte "B" desenvolvidos, textura arenosa, condicionada pelo substrato rochoso.

Um pequeno trecho após o curso médio é formado por Latossolo Roxo das unidades Ribeirão Preto e São Geraldo. A unidade Ribeirão Preto tem origem nas rochas eruptivas básicas intrusivas e apresenta solos com grande

profundidade. Analiticamente, esses solos são ligeiramente ácidos com pH em torno de 5,7 na subsuperfície e 5,9 na superfície; a soma das bases presentes indica um solo altamente fértil sendo incluído entre os solos mais férteis do Estado de São Paulo. Apesar de altamente férteis, esses solos possuem capacidade de troca iônica que pode ser classificada de média a baixa, mostrando a pequena capacidade de transporte do material coloidal. Como característica textural, essa unidade apresenta textura argilosa ou muito argilosa ao longo do perfil, seguido por areia fina e uma porção mínima de areia grossa (SOUZA, 2000).

b) Solos Litólicos

Os solos litólicos são solos imaturos, com pouco desenvolvimento de perfis, rasos e com pequena cobertura de terra sobre a rocha-mãe. Geralmente apresentam afloramentos rochosos. Apresentam minerais primários, pouco resistentes ao intemperismo, e minerais de argila. São bastante permeáveis e a grande maioria é distrófica.

Quimicamente pode-se classificar esse tipo de solo como pobre em nutrientes, quando se origina de arenitos, e mais ricos quando se originam de argilitos e siltitos. Esse tipo de solo apresenta baixo teor de fósforo e elevada capacidade de troca catiônica, (SOUZA, 2000) e (SÉ, 1993). Localizam-se em áreas de relevo movimentado, cristas de montanhas e chapadas, sendo que as condições topográficas e físicas são limitantes ao desenvolvimento da agricultura, porém é indicado para o pasto e o reflorestamento. Ocorrem em um pequeno trecho na microbacia do Córrego do Cancã, do curso médio para a foz.

Os trechos seguintes apresentam formação de *Latossolo Vermelho Escuro* e bem na região de desembocadura o *Latossolo Vermelho Amarelo*, ambos já descritos anteriormente.

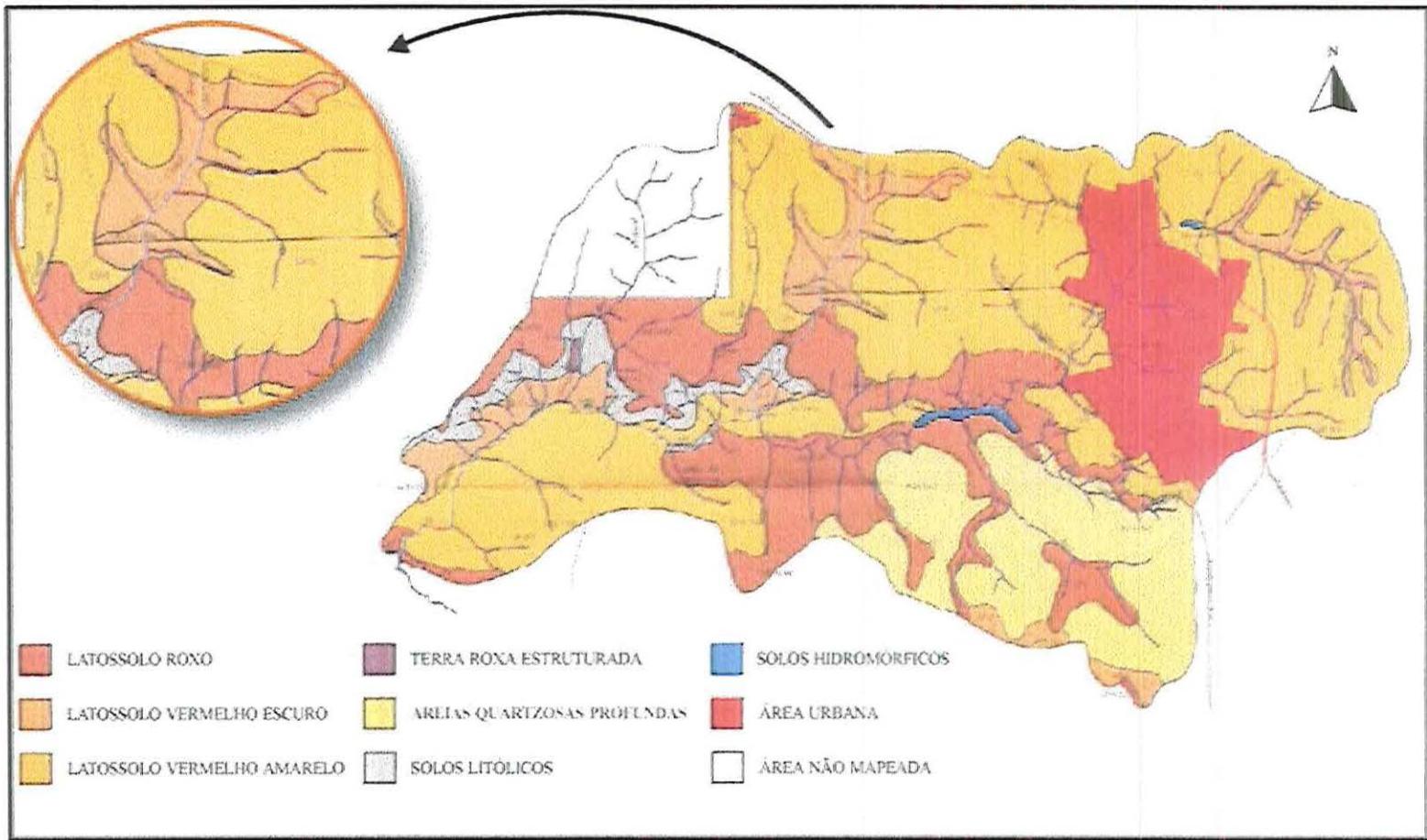


Figura 2 – Levantamento pedológico semidetalhado da Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho. A seta indica a região da microbacia do córrego do Cancã, município de São Carlos/S.P. Modificado de (SOUZA, et. al., 2000).

3.2.4 – Uso do solo da Microbacia Hidrográfica do Córrego do Cancã

(SÉ, 1992), relata que no avanço do processo de ocupação da região de São Carlos, a intensa expansão antrópica na bacia hidrográfica tem gerado neste sistema agressões e interferências de acordo com os processos históricos de ocupação da região, destacando-se: a década de 20 com a cultura do café e a expansão da atividade pecuária; a década de 50 com o ápice do processo de industrialização e de urbanização e a década de 70 com a instalação de programas como o Pró-álcool, que incentivaram em larga escala o cultivo intenso da cana-de-açúcar.

Nesta microbacia essa tendência foi observada na maior parte do trajeto percorrido para as coletas e análises hidrológicas, ocorrendo o predomínio quase que absoluto da cultura de cana-de-açúcar e de pasto cultivado. Os dados obtidos permitem analisar os usos da microbacia em duas épocas distintas, 1965 (Figura 3) e 1998 (Figura 4).

Em geral, a Figura 3 mostra que até o ano de 1965, existia uma diversidade maior do uso ao longo do curso do córrego, como pastagem temporária, cultivo de café, e ainda grandes áreas remanescentes de mata nativa e em reflorestamento. A Figura 4 mostra a ocupação do solo da bacia hidrográfica do Rio Monjolinho até o ano de 1998. Pode-se observar o drástico domínio do cultivo da cana-de-açúcar ao mesmo tempo em que se observa grande diminuição da vegetação original, bem como das áreas reflorestadas.

Também se observou no local de estudo um grau elevado de degradação das margens em todas as estações de coleta, com exceção da estação 1 (nascente) que possui poucas espécies arbóreas compondo ali um resquício da Mata Ciliar. Em algumas estações (estação 5, 6 e 7) notam-se margens completamente

desmatadas, sendo a vegetação original substituída pela cana-de-açúcar e pelo pasto cultivado.

De acordo com os tipos de solos presentes na bacia hidrográfica do rio Monjolinho e mais especificamente na microbacia do Córrego do Cancã, ou seja, solos ácidos, álicos e distróficos, os cultivos mais adequados à área e considerando o desenvolvimento agrícola da região, são o de cana-de-açúcar, citrus, café, pastagens cultivadas e naturais, trigo, soja, arroz, feijão, sorgo e milho (SOUZA, 2000).

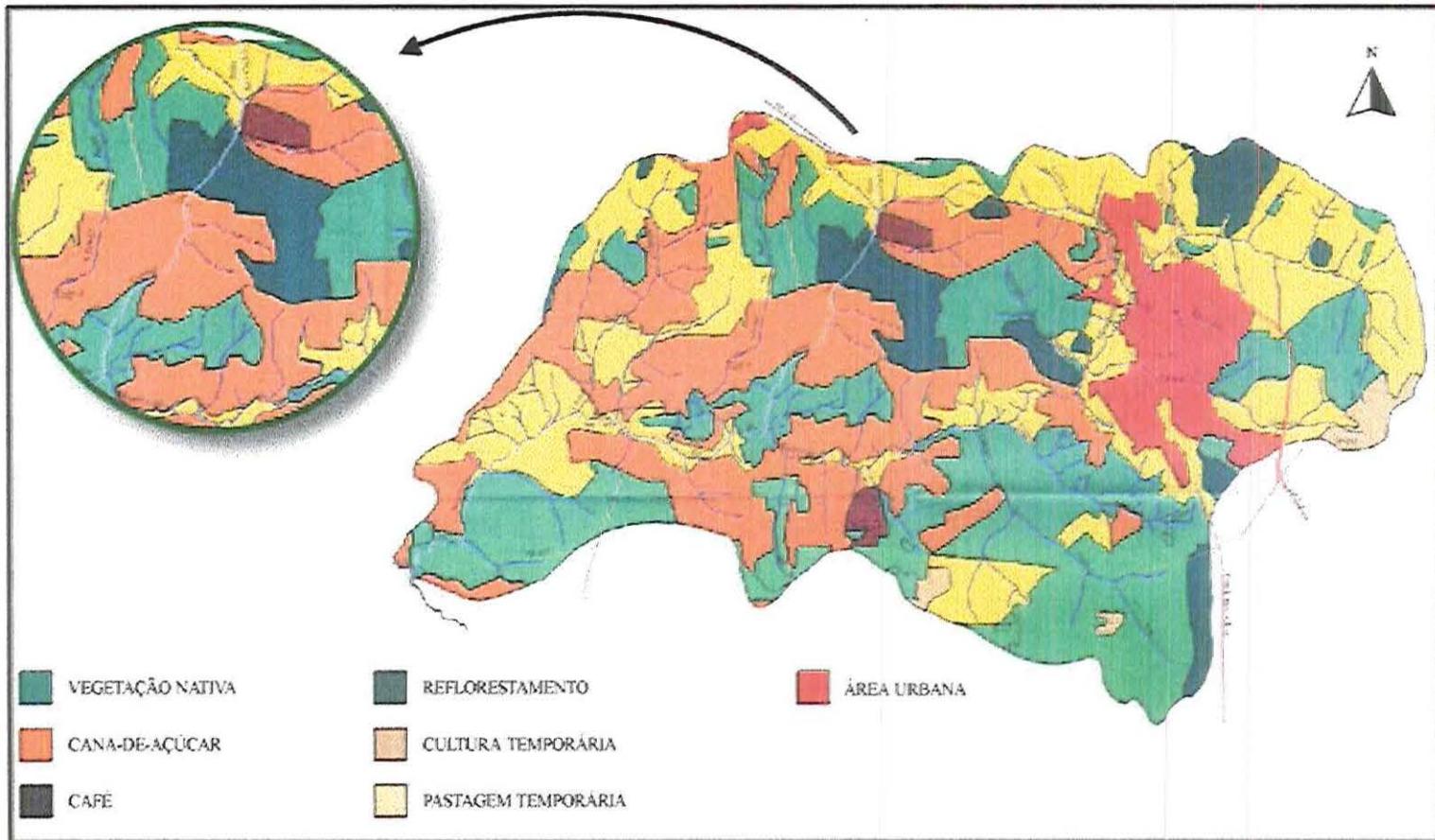


Figura 3 – Mapa dos usos do solo no ano de 1965 da Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho. A seta indica a região da microbacia do Córrego do Cancã, município de São Carlos/S.P. Modificado de SOUZA et. al. (2000).

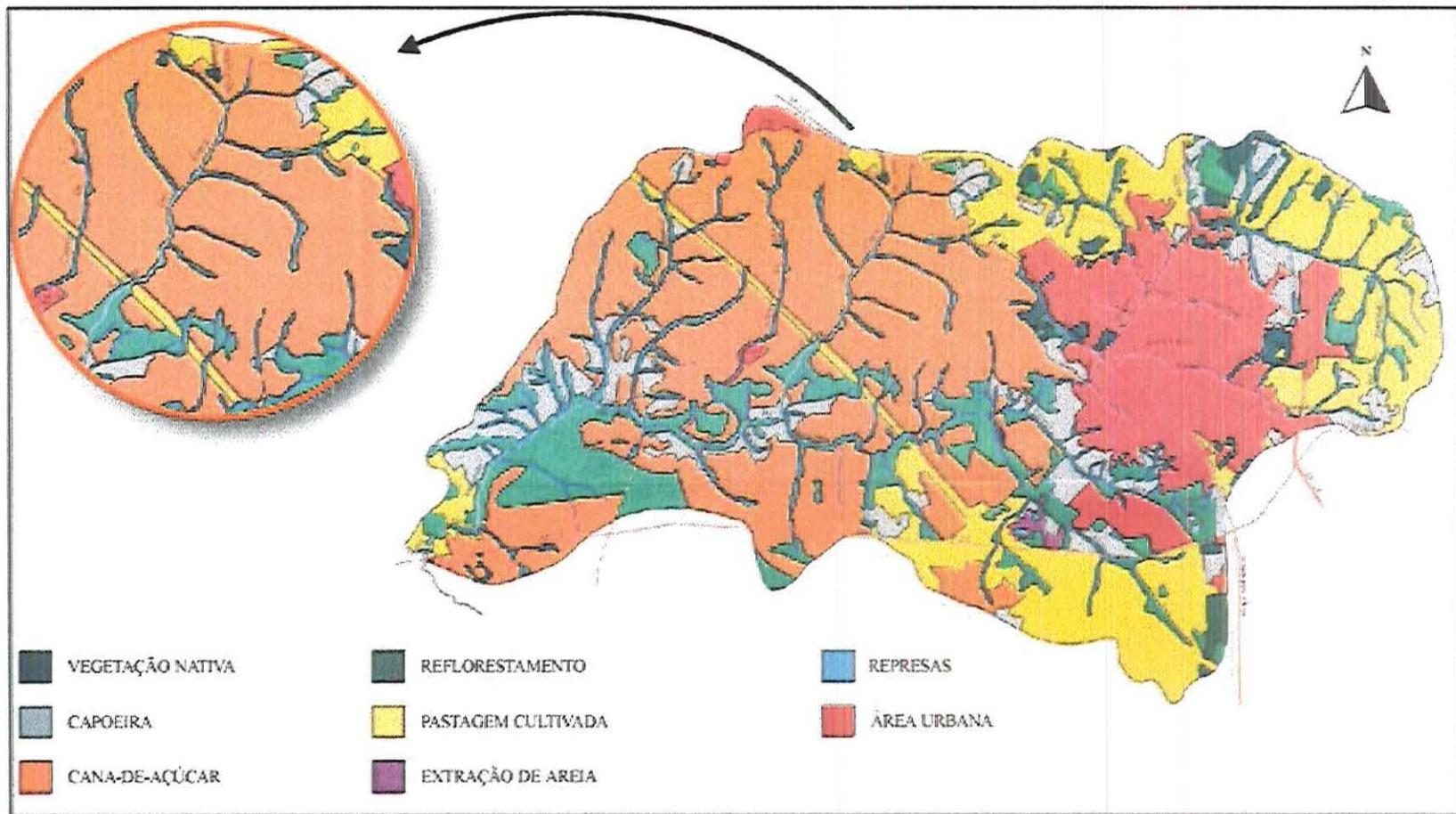


Figura 4 - Mapa dos usos do solo no até o ano de 1998 da Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho. A seta indica a região da microbacia do Córrego do Cancã, município de São Carlos/S.P. Modificado de SOUZA et. al. (2000).

3.3 – Vegetação

3.3.1- Vegetação Primitiva

Segundo (AB'SABER, 1971), a área da Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho, a qual pertence o microbacia do Córrego do Cancã, localiza-se em uma faixa de transição e contato entre dois grandes domínios morfoclimáticos brasileiros, a oeste estaria a vegetação do tipo Cerrado e a leste e sul existiria o domínio dos Morros Florestados.

Chamar-se-á nesse estudo, a cobertura vegetal primitiva àquela originada dos “stocks” formados durante a era Cenozóica entre os períodos Terciário e Quaternário, quando predominaram climas tropicais úmidos que a partir desse último período (quaternário) flutuaram sob o controle de intensas mudanças paleoclimáticas. Assim alternavam-se vegetações típicas de ambientes úmidos e secos. A cobertura vegetal primitiva da bacia hidrográfica expressa-se, portanto, como um grande mosaico devido às características transicionais dos domínios morfoclimáticos adjacentes, (AB'SABER, op. cit.). Dentre os fatores interatuantes durante a história geológica, climática, geomorfológica e biológica da região, parece ser o mosaico de solos presentes na área, o caráter diferenciador da ocupação vegetal primitiva no espaço da bacia hidrográfica (SÉ, 1992).

Os solos presentes nas escarpas e nos fundos de vales apresentavam como vegetação primitiva a Floresta Mesofítica Semidescídua. Esta também se encontrava sobre terrenos argilosos e nos topos das colinas na extensão norte da bacia hidrográfica (onde se localiza o Córrego do Cancã). Tal formação era acompanhada de Cerrados e Cerradões conforme os solos adjacentes fossem gradativamente mais ácidos, menos férteis e álicos. Junto aos rios e córregos encontravam-se desde as formações abertas como brejos, pântanos e várzeas até

matas mais fechadas e densas, com graus variados de influência do lençol subterrâneo e da qualidade dos alúvios que os suportavam (SÉ, op. cit.).

3.3.2 – Remanescentes da Vegetação Original

Na Figura 5, são apresentados os remanescentes de vegetação originais no ano de 1998 da microbacia do Córrego do Cancã. Os dados são descritos segundo adaptação de (VELOSO⁶, 1991 e POTT⁷ et. al., 1998 *apud* SILVA, 2000).

Nota-se que existem diversos resquícios de vegetação ao longo do curso do córrego incluindo áreas de capoeira. Os remanescentes das formações vegetacionais na microbacia do córrego em estudo são:

a) Floresta Estacional Semidescidual Submontana (Mata)

Essa vegetação ocorre nas estações finais de coleta (estações 6 e 7), próximas à desembocadura do Córrego do Cancã no Rio Monjolinho. Caracteriza-se por estar condicionada a dupla estacionalidade climática, sendo uma tropical com épocas de altos índices pluviométricos e temperaturas elevadas (verão quente e chuvoso), seguida por outra que se caracteriza por uma estiagem acentuada e temperaturas mais baixas (inverno seco frio e seco). É constituída por fanerófitos que possuem suas gemas protegidas da seca pela presença de catáfilos ou tricomas (escamas), tendo folhas adultas esclerofilas ou membranáceas descíduas.

⁶ VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A. L. T. & LIMA, J.C.A. (1991). Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE, 124p.

⁷ POTT, A. ; SILVA, J.S.V.; ABDON, M. M.; POTT, V. J.; RODRIGUES, L.M.R.; SALIS, S.M. & HATSCHBACH, G.G. (1997). Vegetação. In: Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai – PCBAP: diagnóstico dos meios físico e biótico. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal – subcomponente Pantanal. Brasília: MMA/SEMAM/PNMA, v.2, t.2, pp.1-179.

b) Floresta Estacional Semidescidual Aluvial (Mata Ciliar)

Ocorre principalmente ao longo do curso dos afluentes do Córrego do Cancã. Grande parte dessa vegetação tem sido destruída em toda a bacia hidrográfica. No próprio córrego ocorre praticamente apenas na nascente (estação 1) e no trecho final do curso, próxima a sua foz. Este tipo de vegetação é bastante semelhante à Mata Ciliar de outros rios, estando, portanto, sua composição florística condicionada a formação aluvial que ocupa. Nessa formação predominam espécies arbóreas caducifólias, principalmente do gênero *Erythrina*.

c) Savana Arborizada (Cerrado)

Ocorre ao longo do próprio córrego em poucos pontos próximos ao curso médio (estação 5), ao longo de seus afluentes e em pequenos pontos na microbacia. O Cerrado é caracterizado por uma formação florestal herbáceo-arbórea e herbáceo-arbustiva com áreas perenifólias. De um modo geral, as árvores do cerrado são de pequeno porte, tortuosas, com galhos retorcidos e folhas coreáceas. Esses detalhes denunciam a dependência da vegetação com condições climáticas severas (estiagem prolongada).

Outros dois tipos de paisagem que puderam ser detectados foram as capoeiras, que são áreas em processo de sucessão ecológica, e as áreas de uso agrícola que constituem a grande porção de toda a microbacia. O principal uso agrícola observado na área de estudo foi o cultivo da cana-de-açúcar em quase toda a extensão da microbacia.

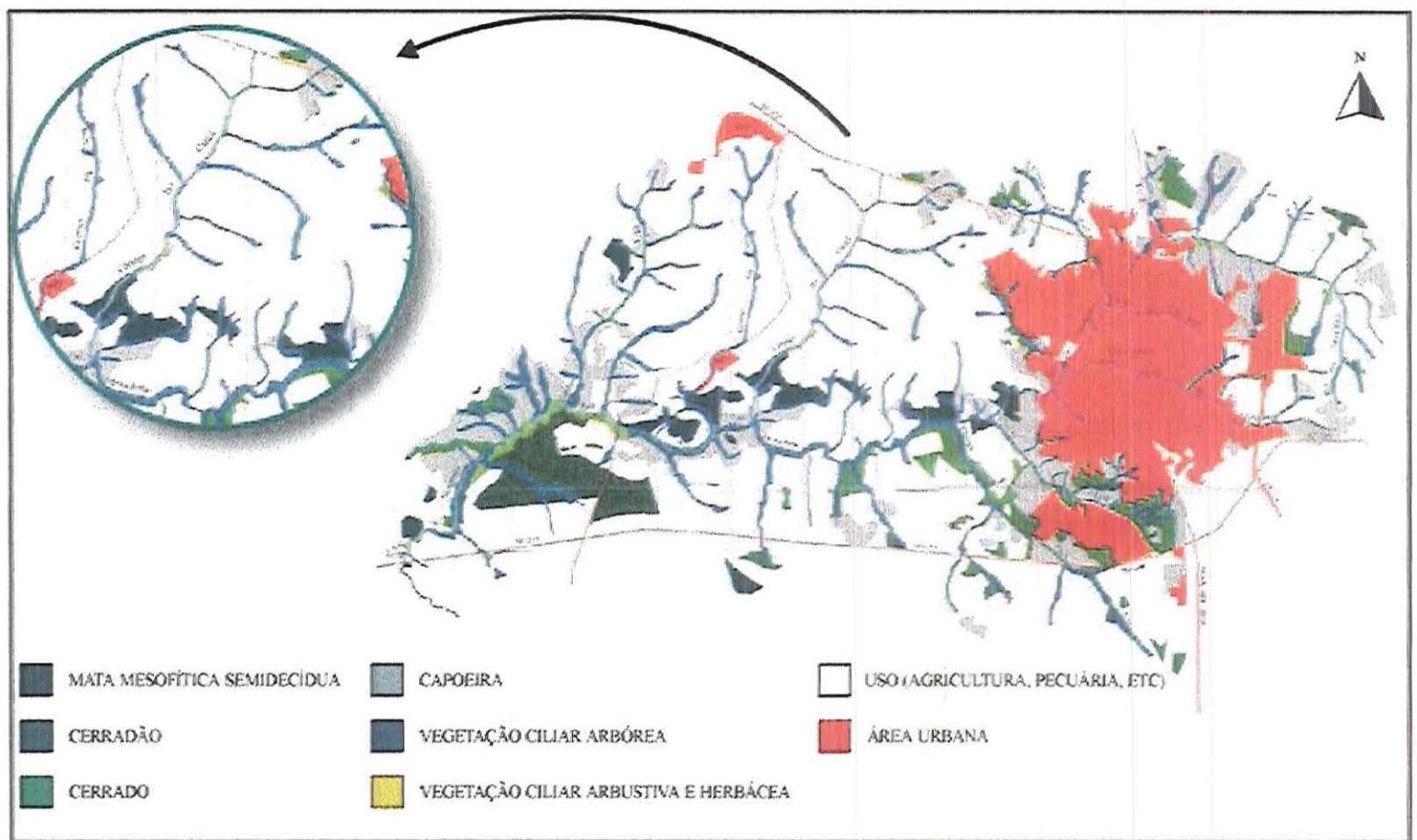


Figura 5 – Remanescentes de vegetação da Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho. A seta indica a região da microbacia do Córrego do Cancã, município de São Carlos/S.P. Modificado de SOUZA (2000).

3.4 – Clima

Segundo (TOLENTINO, 1967) para a adoção da classificação de Köppen o clima da região de São Carlos está entre Aw e Cwa, ou seja, um Clima Subtropical Úmido caracterizado por um verão úmido e um inverno seco. Porém, estudos realizados por (SETZER, 1949); (CAMARGO et. al., 1974) e (OLIVEIRA & PRADO, 1984), utilizando a sistemática proposta por Köppen, indicaram que o clima da região é Cwb, Clima Temperado Úmido. Este clima é caracterizado por apresentar um inverno seco e chuvas no verão, com a precipitação máxima no período das chuvas igual ou maior a 10 vezes a precipitação máxima no período de estiagem. Segundo Thornthwaite, o clima se classifica como **BB'r**, ou seja, clima subtropical, mesotérmico, úmido, com chuvas de verão, estiagem branda no inverno, com pequena deficiência hídrica.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 - Estações de Coleta e período de realização

As estações de coleta foram selecionadas como trechos ou transectos do córrego, com base no critério de estarem espaçadas ao longo do rio para serem representativas do sistema e também em localidades onde ocorriam impactos ambientais significativos. Foram analisados sete transectos, denominados neste trabalho como estações de coleta, ao longo do Córrego do Cancã. Na (Tabela 01) são apresentados os valores de altitude, latitude e longitude, registrados para estas localidades com o equipamento de geo-referenciamento geográfico - Garmin.

Tabela 01: Coordenadas geográficas e altitude das estações de coleta na microbacia do Córrego do Cancã.

Estações	Latitude (S)	Longitude (WO)	Altitude (m)
E1	21° 58' 19,1''	47° 56' 13,3''	860
E2	21° 58' 39,9''	47° 57' 53,3''	799
E3	21° 59' 02,7''	47° 57' 59,9''	792
E4	21° 58' 48,6''	47° 58' 38,2''	781
E5	22° 00' 18,3''	47° 58' 46,4''	780
E6	22° 01' 25,6''	47° 59' 42,7''	629
E7	22° 01' 37,4''	47° 59' 43,7''	623

Estação 1 – Nascente (Figura 6). A área adjacente ao trecho do córrego é dominada por pastagem cultivada, no ponto da coleta ocorre uma pequena formação de mata galeria composta por formações arbóreo-lenhosas e arbóreo-arbustivas, próximas proporcionando um alto grau de sombreamento (Figura 6a). Não há presença de mata ciliar em toda a extensão da nascente, porém, das estações analisadas, esta pode ser considerada a mais preservada em relação à proteção das margens. Observa-se ainda leito raso estreito (Figura 6b) e bastante sinuoso.

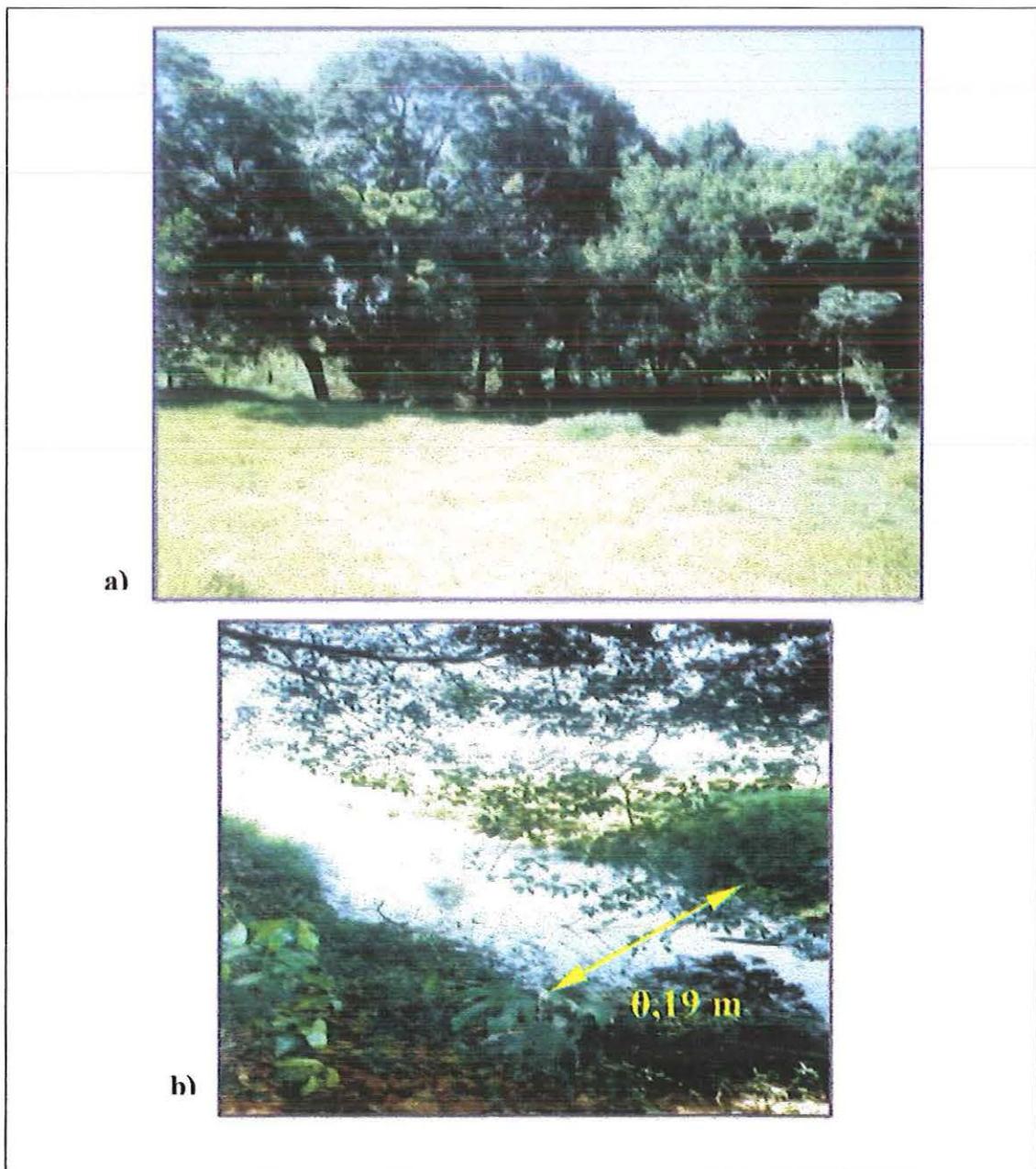


Figura 6 – (a) vista frontal da nascente; b) local de coleta Córrego do Cancã. Município de São Carlos/SP

Estação 2 – O segundo transecto situa-se no Sítio Santa Elvira (Figura 7). A Figura 7b mostra o local das coletas e análises onde observa-se que no trecho não está presente a mata galeria, com predomínio de capim colômbio e cana-de-açúcar nas margens já bastante degradadas. Da vegetação original, restam apenas pequenos bancos de vegetação típica de regiões alagadas ou pantanosas como o lírio-do-brejo e formações arbustivas. Este local recebe resíduos das atividades pecuárias realizadas no sítio, como a criação de suínos (Figura 7a).

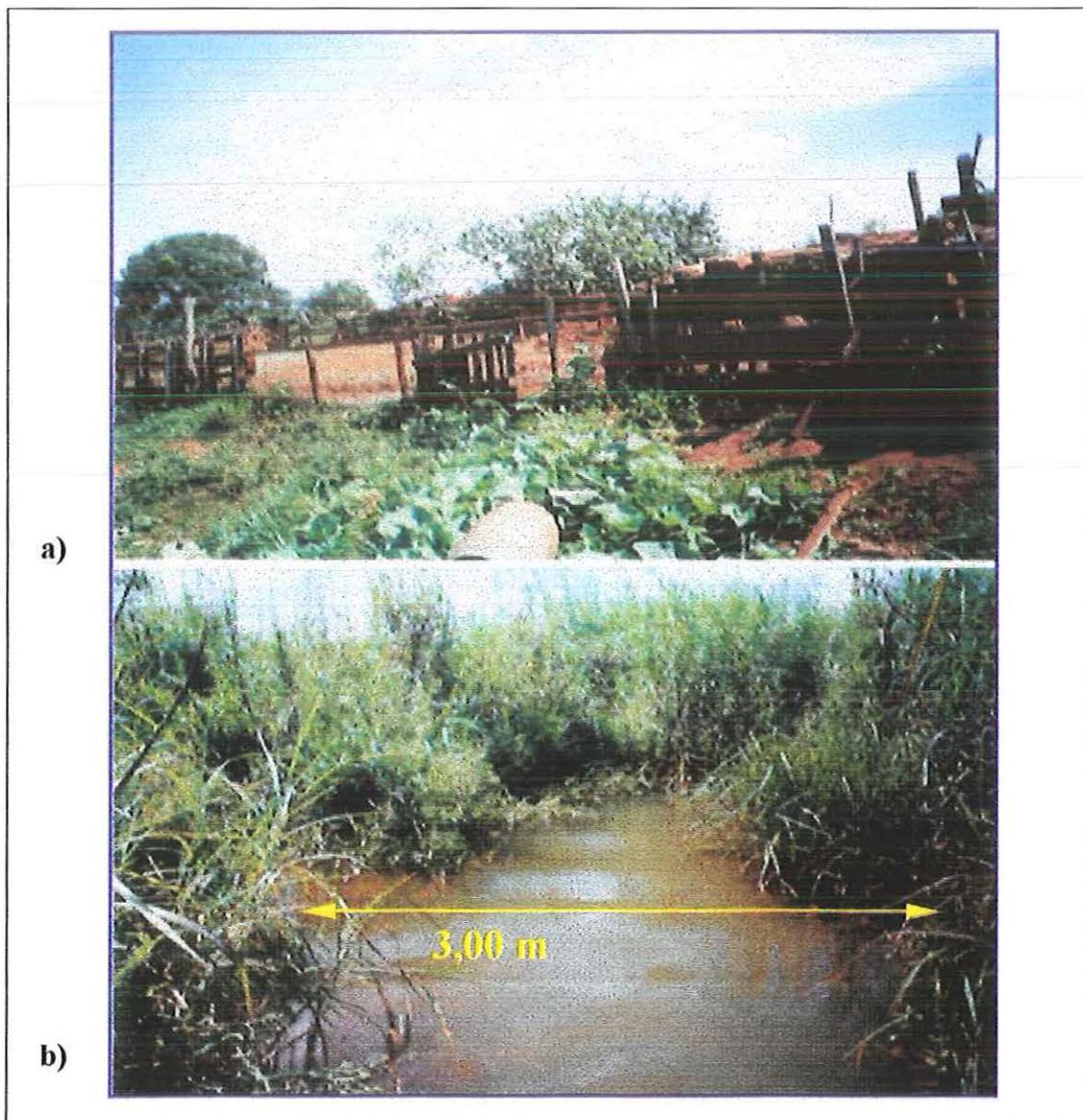


Figura 7 - Estação de coleta 2 no Córrego do Cancã. Município de São Carlos/SP.
a) local da criação de suínos ao lado do córrego; b) ponto da coleta.

Estação 3 - Córrego do Cancã (Figura 8). Ponto próximo a uma área de lazer (campo de futebol). Nesta estação de coleta as duas margens estão intensamente degradadas e desprovidas de mata galeria com predomínio de cana-de-açúcar e capim coloniã. Foi observada a existência de grande quantidade de resíduos e lixo doméstico no córrego, incluindo itens como sapatos, papéis, plásticos e outros.

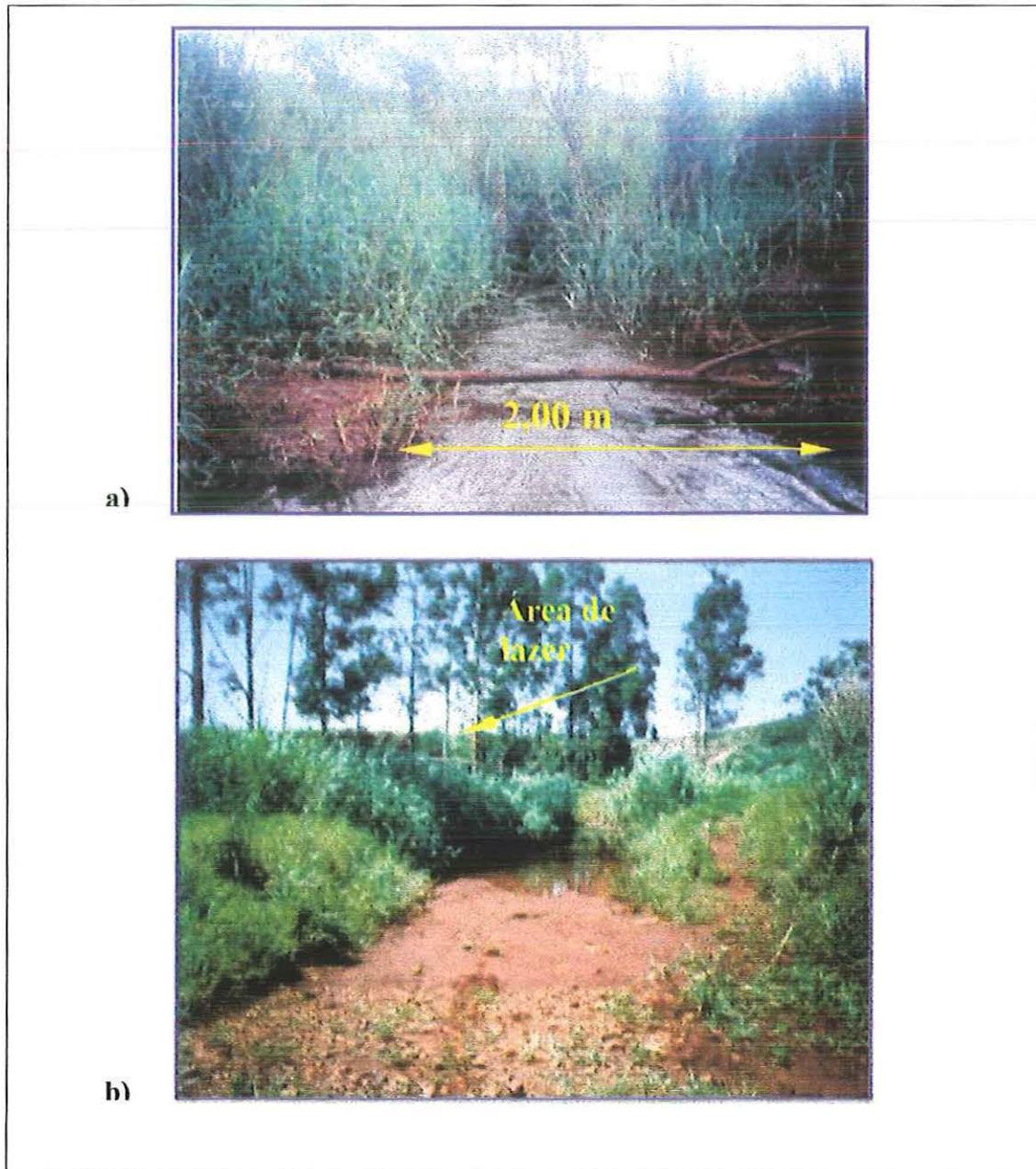


Figura 8 - Estação de coleta 3 no Córrego do Cancã. Município de São Carlos/SP.

Estação 4 - Córrego do Cancã (Figura 9). Esta estação de coleta situa-se anteriormente a um represamento para a captação de água para o para o abastecimento da Usina da Serra no município de Ibaté. As margens neste ponto foram quase totalmente desmatadas observando-se apenas cana-de-açúcar em toda sua extensão; logo após a queda do reservatório ocorrem algumas espécies arbóreo-lenhosas, típicas das matas ciliares características dessa região, ao longo das margens em um pequeno trecho do córrego, voltando logo adiante, o predomínio da monocultura de cana-de-açúcar.

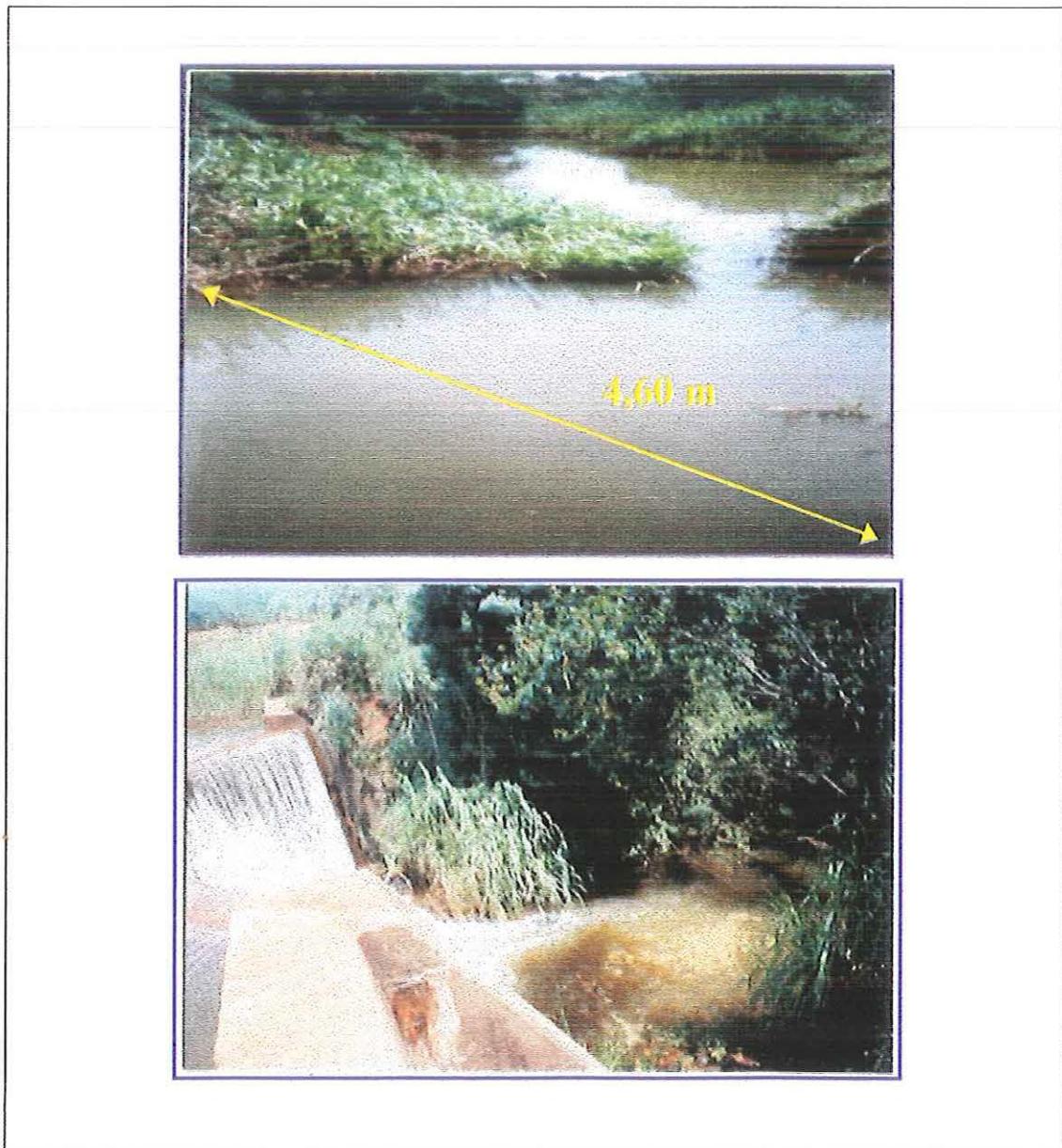


Figura 9 - Estação de coleta 4 no Córrego do Cancã. Município de São Carlos/SP. : a) local das coletas e b) queda de água do reservatório.

Estação 5 - Córrego do Cancã (Figura 10). Margem direita com pequena mata-galeria e plantas características de ambientes com alto teor de umidade (capão de mata galeria), como lírio-do-brejo, briófitas (musgos), pteridófitas (samambaião e samambaias) e lianas e cipós. Presença de cultura de cana-de-açúcar e capim colonião mesclados à mata. Margem esquerda desprotegida. Leito pedregoso e encachoeirado, com pequenas quedas logo após a estação de coleta.

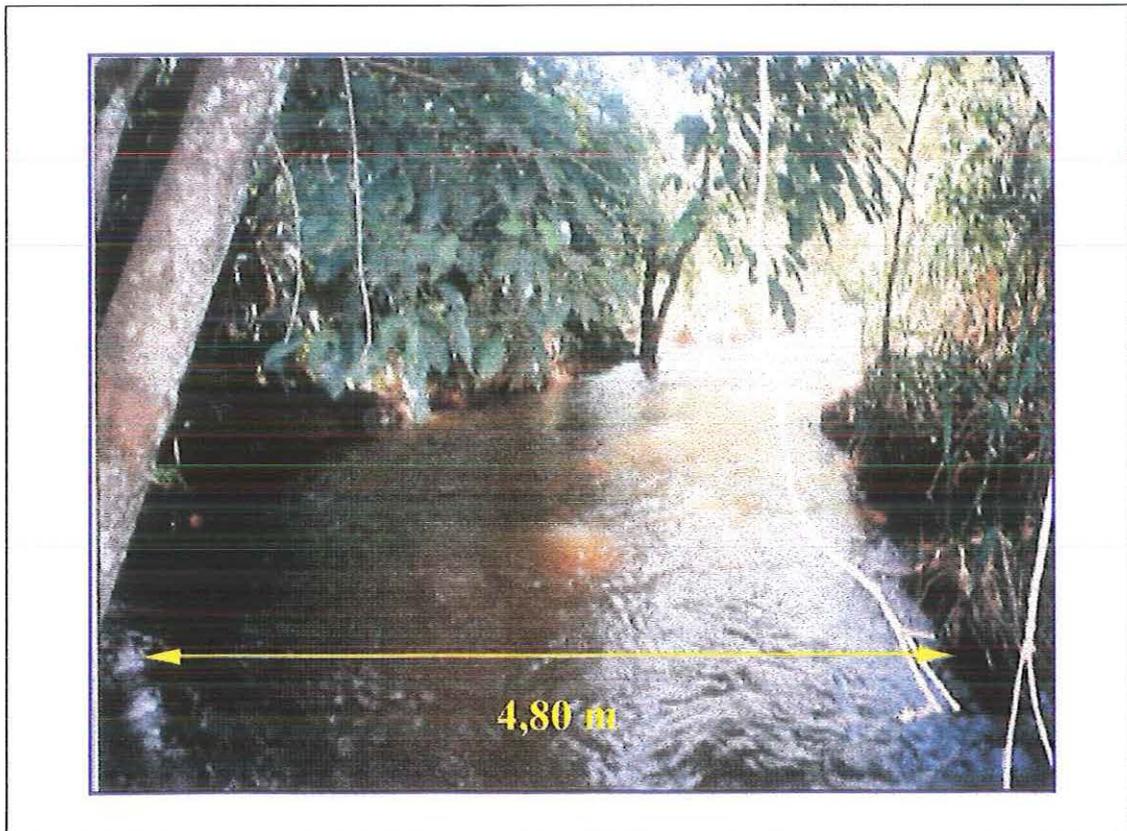


Figura 10 – Estação de coleta 5 no Córrego do Cancã, município de São Carlos/S.P.

Estação 6 – localizada próxima à Usina da Serra (Figura 11) no município de Ibaté/SP. Margens completamente desprovidas de mata galeria. Domínio de cultura de cana-de-açúcar e área de pastagem com gado nas proximidades do córrego. Leito pedregoso e encachoeirado com passagem bem demarcada no leito raso desse ponto.

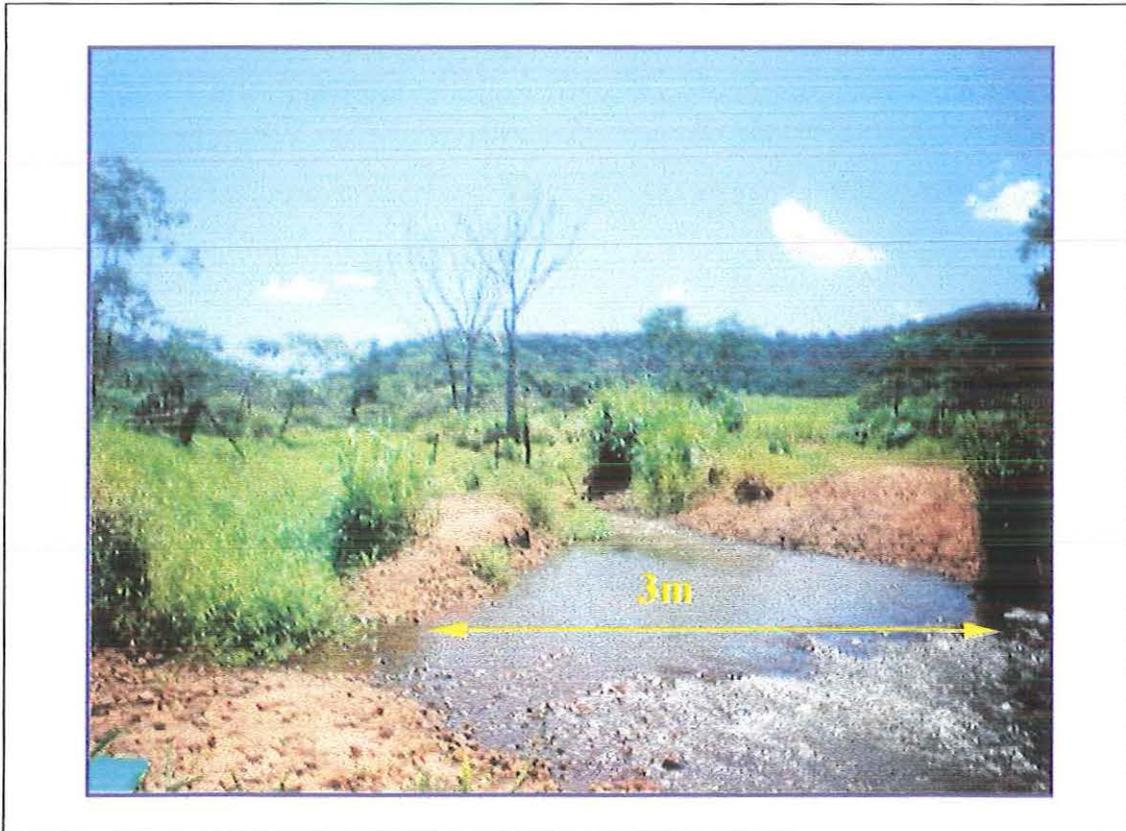


Figura 11 - - Estação de coleta 6 no Córrego do Cancã. Município de São Carlos/SP.

Estação 7 – localizada também próxima à Usina da Serra (Figura 12) no município de Ibaté/SP. Após este ponto está presente um pequeno trecho de mata ciliar até a sua foz. Observou-se que as margens neste trecho são totalmente desprotegidas, ocorrendo novamente o domínio da cultura de cana-de-açúcar e áreas com pasto até as margens do rio. Presença de resíduos sólidos no leito. Leito pedregoso e bastante acidentado. Esta estação localiza-se a 100 m da desembocadura do Córrego do Cancã no Rio Monjolinho.



Figura 12 - Estação de coleta 7 no Córrego do Cancã, município de São Carlos/S.P.

A figura 13 mostra os perfis de profundidade nas sete estações de coleta ao longo do Córrego do Cancã.

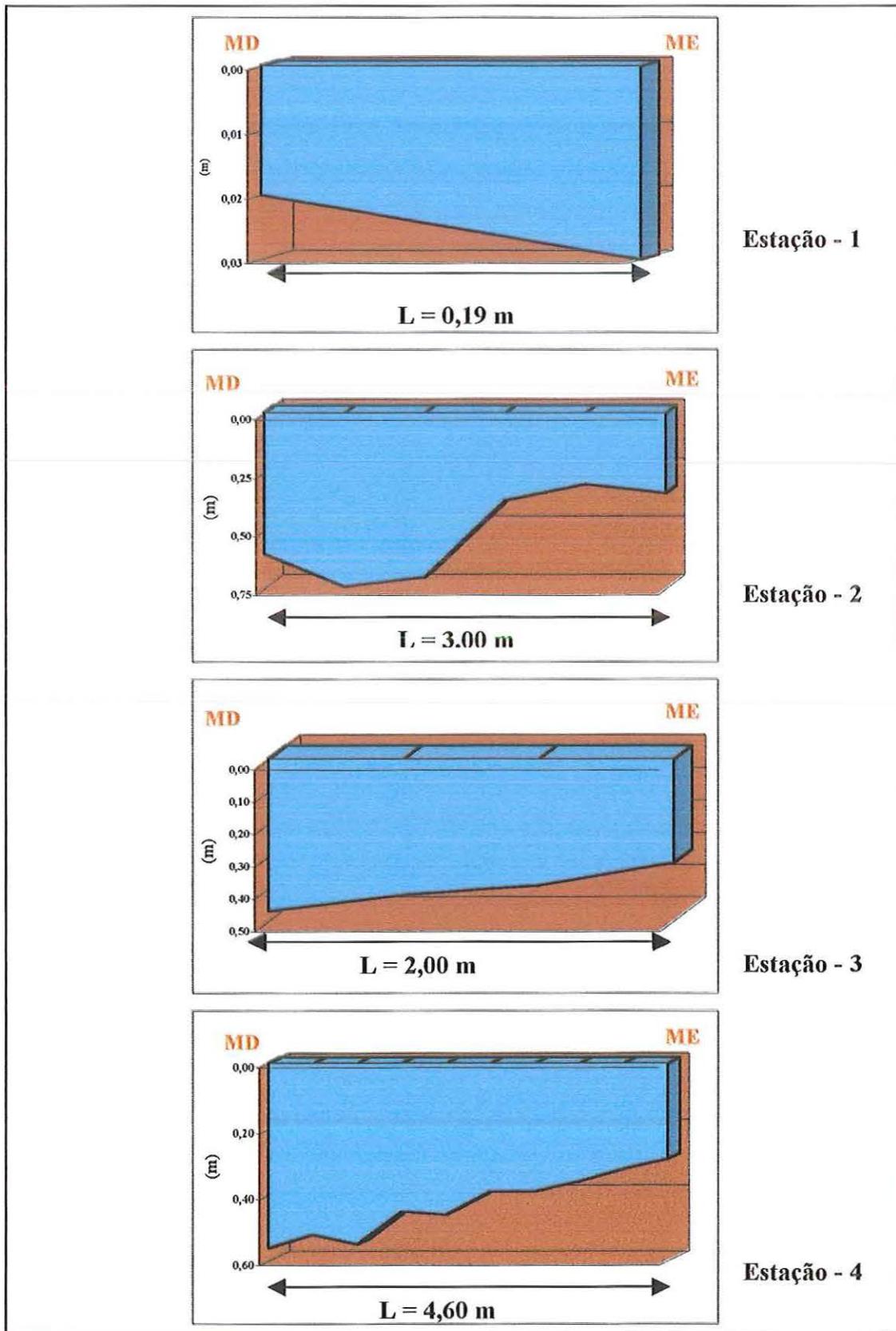


Figura 13 – Perfis de profundidade das estações de coleta no Córrego do Cancã, município de São Carlos/S.P.

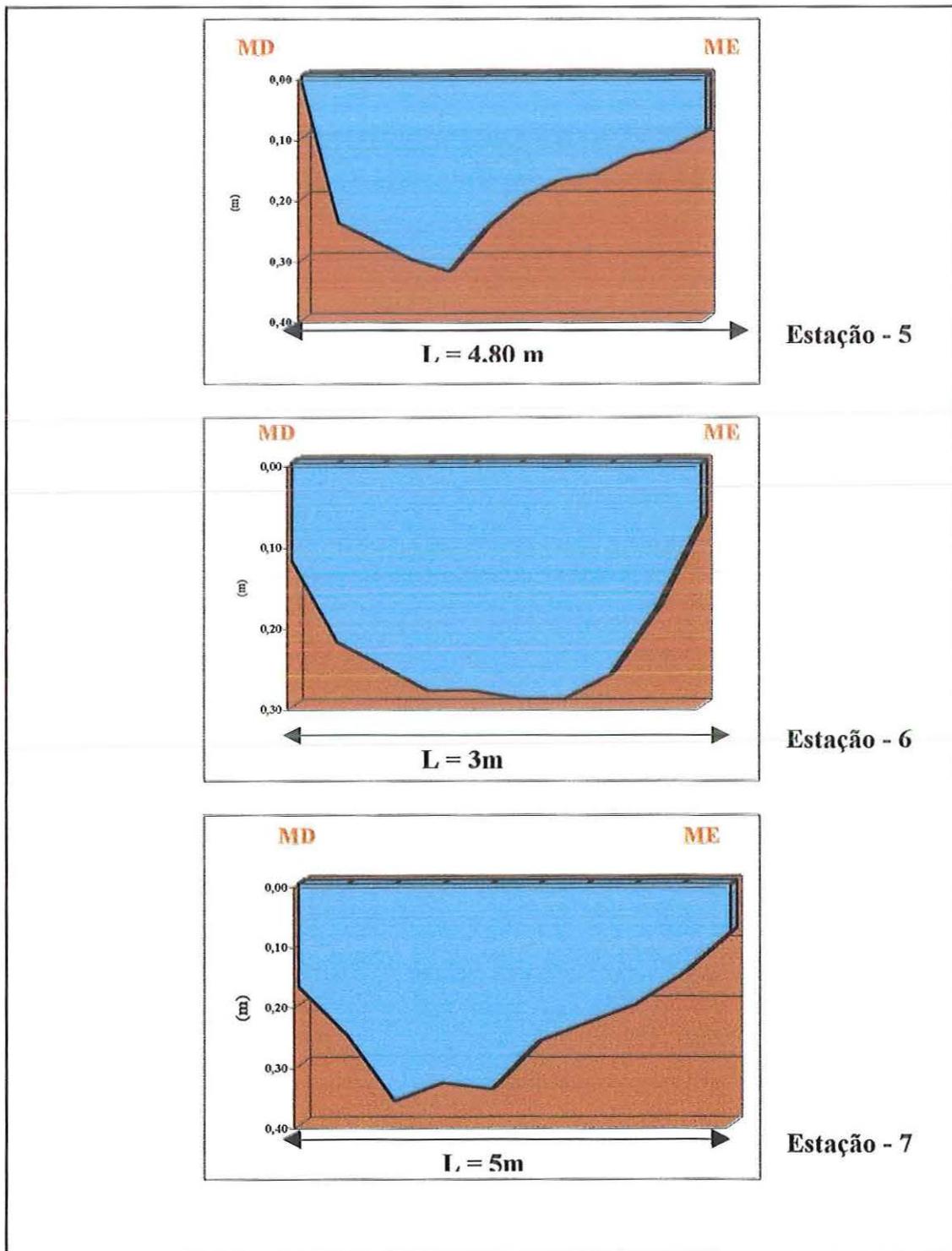


Figura 13 – (continuação) - Perfis de profundidade das estações de coleta no Córrego do Cancã, município de São Carlos/S.P.

4.3 – Caracterização morfométrica da microbacia do Córrego do Cancã

Os cálculos foram obtidos mediante informações contidas em cartas topográficas digitalizadas das quadrículas de São Carlos e Ibaté, estado de São Paulo, utilizando (I.B.G.E.), os valores morfométricos foram calculados com o *softwer INFOMAP* pela Profa. Adriana Catojo Pires no LAPA – Laboratório de Análise e Planejamento Ambiental – da Universidade Federal de São Carlos. Os parâmetros morfométricos foram determinados segundo CHRISTOFOLETTI (1969) índice de forma, relação de alongação, relação de relevo e densidade hidrográfica. Outros índices analisados, como o coeficiente de compacidade e o fator de forma foram obtidos segundo VILELLA (1975).

4.3.1 -Índice de forma

Caracteriza a forma da bacia de drenagem correlacionando o perímetro com sua área e indica também a vulnerabilidade da bacia às enchentes. O índice é obtido mediante o seguinte cálculo:

$$K = P / 2. \pi A$$

onde: K = índice de forma; A = área da bacia em Km²; P = perímetro da bacia em Km.

4.3.2 – Coeficiente de compacidade

O coeficiente de compacidade, segundo (VILELLA op. cit.), é outro índice utilizado para a determinação da forma de uma bacia hidrográfica. O coeficiente de compacidade relaciona a forma da bacia com um círculo de área igual a da bacia. O coeficiente é dado pela fórmula:

$$K_c = 0,28 . p / \sqrt{A}$$

onde: P = perímetro da bacia em Km; A = área da bacia em Km²

4.3.3 – Fator de forma

O fator de forma constitui um índice indicativo da maior ou menor tendência para enchentes em uma bacia. Uma bacia com fator de forma baixo está menos sujeita a enchentes que outra que apresente um fator de forma maior. O fator é dado pela fórmula:

$$K_f = A/L^2$$

onde: K = índice de forma; A = área da bacia; L = comprimento maior da bacia.

4.3.4- Relação de alongação

Medido paralelamente ao seu canal principal, este estabelece a relação entre o diâmetro de um círculo de área igual à bacia e seu comprimento maior. É obtido através do seguinte cálculo:

$$Re = d/l$$

onde: Re = relação de alongação; d = diâmetro; l = comprimento em Km.

4.3.5 - Relação de relevo

A relação de relevo é determinada segundo a fórmula:

$$Rr = \text{gradiente. da bacia} / l$$

onde Rr é a relação de relevo expressa em m. Km⁻¹, l é o comprimento máximo medido paralelamente ao canal principal em Km e gradiente da bacia representa a diferença entre os pontos de maior e menor altitude da bacia e é expressa em m. Este parâmetro indica a diferença altimétrica entre esses pontos.

4.3.6 - Densidade hidrográfica

Este parâmetro é expresso em número de canais por unidade de área e determina a relação existente entre o número de cursos d'água e a área da bacia. O número é obtido através do seguinte cálculo:

$$Dh = n / A$$

onde: n = número de canais; A = área da bacia, expressa em Km²; Dh = densidade hidrográfica.

4.3.6 -Ordem de canal

A partir nas nascentes de um curso d'água, determina-se para esse curso um número. O número 1 é atribuído aos canais sem afluentes.

4.4 Determinação das variáveis climáticas:

Os dados climatológicos utilizados neste trabalho foram obtidos junto à estação climatológica da Universidade Federal de São Carlos – SP.

4.4.1 - Temperatura do ar

A temperatura (°C) foi medida em termômetro comum de mercúrio, com precisão de décimo de grau. A temperatura média foi obtida através do cálculo da média mensal das temperaturas máxima e mínima diárias.

4.4.2 – Precipitação

Os valores de precipitação foram obtidos diariamente com um pluviômetro. A soma dos dados diários resulta na precipitação mensal.

4.4.3 - Radiação Solar

Os valores foram obtidos com um actinógrafo, registrados diariamente e expressos em $\text{cal.m}^{-2}.\text{dia}$.

4.4.4 - Velocidade do vento

A velocidade e a direção do vento foram registradas através de um anemômetro e expressos em Km.h^{-1} . Com os dados obtidos da Estação Meteorológica, foram analisadas: a velocidade média, através das velocidades médias mensais, a velocidade máxima e mínima por direção e a frequência de ocorrência dos ventos, que indica a direção do vento predominante, em base mensal.

4.5 – Variáveis Hidrológicas

As variáveis hidrológicas, velocidade de escoamento e vazão, foram medidas ou calculadas em duas estações climáticas distintas: final do período de seca e final do período de chuvas compondo, portanto, duas medidas instantâneas e representativas de condições climáticas de períodos de seca e de chuva.

Foram realizadas em cada estação de coleta, três medidas para a velocidade do fluxo de água. Para o cálculo da vazão, foi determinada a área da secção transversal do córrego nos diferentes pontos. Foram realizadas medidas de profundidade ao longo de três transectos, a cada 30 cm. O valor médio foi considerado para o cálculo da vazão.

4.5.1 - Vazão

A vazão foi calculada através da soma das velocidades médias de escoamento, em cada secção transversal, multiplicadas pela área de cada subsecção do canal do Córrego do Cancã em todas as estações de coleta (GARCEZ, 1967), utilizando-se a seguinte fórmula:

$$V = \int A \cdot VE$$

Onde: V = Vazão total da seção ($m^3 \cdot s^{-1}$); A = Área de cada subsecção (m^2); VE = Velocidade de escoamento n. seção ($m \cdot s^{-1}$).

A vazão foi calculada a partir de uma única medida da velocidade de escoamento em cada ponto, realizada no período de transição entre a estação seca e a chuvosa.

4.5.2 - Velocidade de escoamento

Determinada por meio da medida da distância percorrida por unidade de tempo por uma esfera de polietileno lançada sobre a superfície do córrego (WETZEL, 1975). O tempo decorrido desde a soltura da esfera na água junto a uma estaca no leito do córrego e a passagem da mesma, 10 metros abaixo (também marcado por estaca) foi cronometrado. Duas medidas foram realizadas em cada ponto, uma no período seco e outra no período chuvoso.

4.6 – Variáveis físicas e químicas da água.

As determinações de algumas variáveis foram feitas *in situ* nas estações de coleta. As amostras de água foram coletadas em frascos de polietileno e congeladas até a posterior análise dos nutrientes dissolvidos.

4.6.1 - Temperatura, pH, Condutividade elétrica e Concentração de oxigênio dissolvido da água

As variáveis temperatura da água (expressa em °C), pH, condutividade elétrica da água (expressa em μScm^{-1}), e concentração de oxigênio dissolvido (expressa em mg.l^{-1}), foram medidas através de eletrodos, utilizando-se o equipamento multisensor HORIBA U10 – “Water Quality Checker”.

4.6.2 - Concentração de material em suspensão na água

O material em suspensão refere-se aos sólidos suspensos na água, incluindo os organismos vivos (bactérias, protozoários, algas e zooplâncton) e o material detrital presente. A técnica utilizada foi a gravimétrica, descrita em TEIXEIRA et. al. (1965), a qual consiste na utilização de filtros GF/C de fibra de vidro, com 0,47 mm de diâmetro e 0,45 μm de poros, previamente calcinados em mufla a 460°C por uma hora, para eliminação de qualquer contaminação por matéria orgânica, e depois pesados novamente.

Os filtros são utilizados para a filtração de uma amostra de água e neles o material suspenso fica retido. Após a filtração os filtros são novamente secos em estufa, por um período de vinte e quatro horas, a 60°C. Decorrido este período os filtros são esfriados em dessecador e submetidos a nova pesagem. A diferença entre as duas pesagens fornece a medida da quantidade de material em suspensão presente na amostra. A seguir, os filtros são calcinados em mufla a 460°C, por 2 horas, para determinação da fração orgânica no material suspenso. O peso final do filtro após a calcinação, subtraído do peso anterior fornece o valor da fração orgânica. A partir desta e do peso total do material em suspensão calcula-se o valor da fração inorgânica.

4.6.3 - Nutrientes

Os nutrientes foram analisados da seguinte forma: amônio ($\mu\text{g.L}^{-1}$) pelo método de KOROLEFF (1976)⁸ *apud* GOLTERMAN et. al. (1978); para o nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$) foi utilizado o método descrito por MACKERETH⁹

⁸ KOROLEFF, F. (1976). Determination of Nutrients. *Verlag. Clemie Weinhen.*, p. 171-181

⁹ MACKERETH, F.J.H.; HERON, J. & TALLING, J.F. (1978). Water analyses: some revised methods for limnologist. *Fresh Water Biological Association. Scientific Publication* nº 36. Titus Wilson & Son Ltd., Kendall. 117p.

et. al (1978) *apud* GOLTERMAN (1978); para o fosfato inorgânico e o fosfato total dissolvido, o método de KOROLEFF (1978); para fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e nitrogênio total o método de Kjehdal (mg.L^{-1}), realizado segundo a metodologia descrita em APHA (1995).

4.6.4 – Cargas dos nutrientes

Partindo das concentrações de nutrientes obtidas e dos valores de vazão para cada seção, foram calculadas as cargas dos nutrientes, segundo procedimento descrito por VOLLENWEIDER (1989), que é razoavelmente correto para locais de concentração e fluxo relativamente constantes.

$$\text{Carga} = C \cdot Qd \cdot \Delta t$$

onde: C = concentração média do nutriente (em Kg./ unidade de tempo);

Qd = vazão da água; Δt = tempo.

4.7 – Variáveis biológicas

4.7.1- Análise da comunidade fitoplanctônica

Para a análise do fitoplâncton, foram feitas coletas de arrasto horizontal com rede para fitoplâncton com abertura de malha de 20μ . As coletas foram repetidas três vezes em cada estação e realizadas apenas durante o período chuvoso, em novembro, época em que normalmente há maior desenvolvimento do fitoplâncton. As amostras foram acondicionadas em recipientes de polietileno, e os organismos foram preservados utilizando-se formol a 4% sendo posteriormente levadas ao laboratório para análise qualitativa.

A composição taxonômica da comunidade fitoplanctônica foi determinada através da identificação dos gêneros e de algumas espécies, com o uso do microscópio Carl Zeiss, modelo Axioskop 2 plus com câmara digital Zeiss

AxioCam HRc e as fotografias feitas através do programa de aquisição de imagem AxioVision 3.0. A identificação foi realizada com a utilização de bibliografia especializada (BOURRELY, 1968); (BOURRELY, 1970); (PRESCOT, 1970); (BOURRELY, 1972); BICUDO E SORMUS, 1982); (KOMAREK & FOTT, 1983); (PARRA et. al., 1983); (KOMAREK E ANAGNOSTIDIS, 1999).

4.7.2 - *Análise da comunidade zooplanctônica*

Amostras de zooplâncton foram coletadas através de filtragem da água em arrastos horizontais ao longo do transecto do rio, utilizando-se uma rede cônica com malha de abertura de 45 μ m, com comprimento de 90 cm, e diâmetro de boca de 30 cm. Em campo este material foi fixado com solução de formol a 8%, na proporção 1:1, resultando em solução 4%, e acondicionados em frascos de 200 mL.

Para a análise de zooplâncton utilizou-se um microscópio estereoscópico (aumentos de 20x a 50x) e microscópio ótico com aumentos de até 600 vezes.

A identificação dos organismos foi realizada com bibliografia especializada, e contando-se com o auxílio de alguns especialistas, tais como: (PENNAK, 1953); (EDMONDSON, 1959); (SMIRNOV, 1971); (RUTTNER-KOLISKO, 1974); (ROCHA & MATSUMURA-TUNDISI, 1976); (PAGGI, 1978); (KOSTE, 1978); (PARANAGUÁ & NEWMANN-LEITÃO, 1982); (MATSUMURA-TUNDISI, 1983); (MATSUMURA-TUNDISI & ROCHA, 1983); (SILVA *et al.*, 1989); (NEWMANN-LEITÃO & SOUZA, 1987); (AGUENA, 1991); (MATSUMURA-TUNDISI 1991); (PAGGI, 1995) e (ELMOOR-LOUREIRO, 1997).

4.7.3 - Índice de estado trófico

Para a determinação do estado trófico das amostras analisadas, foi utilizado o método de classificação de SALAS & MARTINO (1988) para lagos e reservatório tropicais, baseado nas concentrações de fósforo total.

Após a determinação da concentração de fósforo total de cada amostra, os valores foram utilizados para a determinação do índice de estado trófico e posterior classificação, de acordo com o quadro abaixo:

MÉTODO DE SALAS & MARTINO

Equação:

$$\text{IET} = 10 \cdot \{ 6 - [\ln (48 / \text{FT})] / \ln 2 \}$$

onde: FT = Concentração de fósforo total

Classificação:

IET ≤ 20 = Ultra-oligotrófico

20 < IET ≤ 40 = Oligotrófico

40 < IET ≤ 50 = Mesotrófico

51 < IET ≤ 60 = Eutrófico

IET ≥ 61 = Hipereutrófico

5 RESULTADOS

5.1 – Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica

5.1.1 – Índice de forma

O índice de forma calculado para a microbacia do Córrego do Cancã foi de $K = 1,27$, o que indica que a forma da bacia é irregular e levemente alongada.

5.1.2 – Fator de forma

O fator de forma para a microbacia em estudo foi de $K_f = 0,032$, o que comprova o índice de forma indicando devido à forma irregular e levemente alongada que a microbacia do Córrego do Cancã é pouco sujeita à enchentes.

5.1.3 – Coeficiente de compacidade

O coeficiente de compacidade calculado para a microbacia do Córrego do Cancã foi de: $K_c = 4,24$. O coeficiente relaciona a forma da bacia a um círculo de área igual. Quanto mais próximo da unidade, mais circular é a forma da bacia e, portanto mais sujeita a enchentes; quanto maior o coeficiente de compacidade mais irregular é a forma da bacia e, portanto, menos sujeita a enchentes (VILELLA, 1975). Este último autor analisando a bacia hidrográfica do Ribeirão do Lobo, obteve um coeficiente de compacidade de 1,47, classificando a bacia como sendo de forma irregular e pouco sujeita a enchentes. Considerando-se o valor obtido para a microbacia do Córrego do Cancã, é possível classificar a forma da microbacia como muito irregular e pouco sujeita a enchentes.

5.1.4 - Relação de alongação

O índice da relação de alongação calculado para a microbacia do córrego em estudo foi de $Re = 0,20$

5.1.5 – Relação de relevo

O índice da relação de relevo calculado para a microbacia do Córrego do Cancã mostrou que a diferença altimétrica entre os pontos de maior e menor altitude é de $Rr = 30,6 \text{ m.Km}^{-1}$.

5.1.6 - Densidade Hidrográfica

A densidade hidrográfica calculada para a microbacia em estudo foi de $Dh = 4,55 \text{ canais.Km}^{-2}$.

5.1.7 - Ordem de canal

O córrego em estudo foi classificado segundo (VELELLA, 1975) como um rio de terceira ordem.

5.2 – Variáveis Climatológicas

5.2.1- Temperatura do ar

A temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$), durante o período de coleta, variou entre $14,1^{\circ}\text{C}$ (mínima), no mês de julho, e $22,1^{\circ}\text{C}$ (máxima), no mês de outubro de 2000. Durante as coletas realizadas em abril e novembro os valores foram respectivamente de 19°C e $20,5^{\circ}\text{C}$. A figura 13 apresenta a variação observada na temperatura do ar para o ano de 2000.

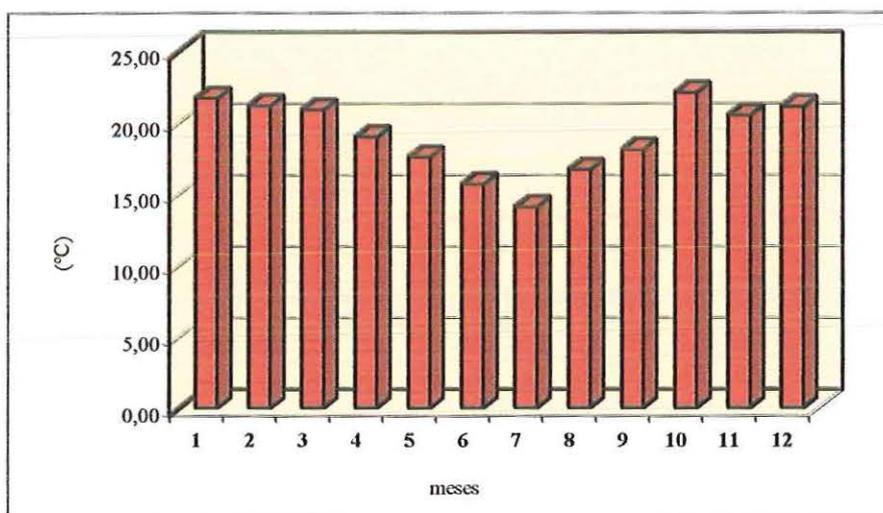


Figura 13 - Variação da temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$) durante o ano de 2000, na região de São Carlos-SP.

5.2.2 - Precipitação

A precipitação mensal foi computada durante todo o ano da coleta o qual foi realizado durante duas estações climáticas distintas (estação de seca e estação de chuva). Os valores para os dois períodos foram, respectivamente: $24,6\text{mm}$ e $274,1\text{mm}$. A precipitação média anual foi de $1.174,9\text{mm}$. O valor máximo foi de $313,4\text{mm}$ em fevereiro enquanto que o mínimo foi de $79,0\text{mm}$ em maio. Todos os valores são mostrados na Figura 14.

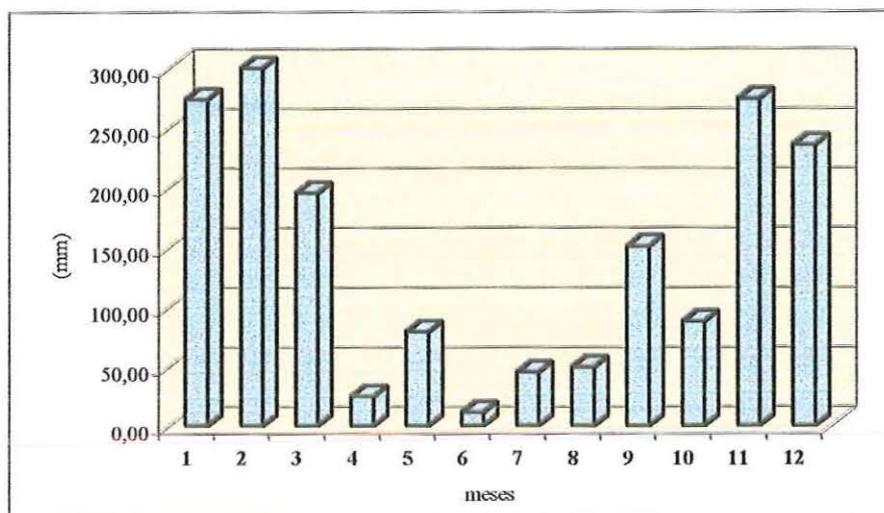


Figura 14 - Precipitação média durante o ano de 2000 na região de São Carlos-SP.

5.2.3 - Radiação solar

Para a radiação solar foi registrado um valor mínimo de 194 cal/m²/dia no mês de agosto e um máximo de 2343 cal/m²/dia no mês de abril (período da coleta). O valor registrado para o mês de novembro (segundo período de coleta) foi de 1883 cal/m²/dia. Os valores médios mensais são mostrados na Figura 15.

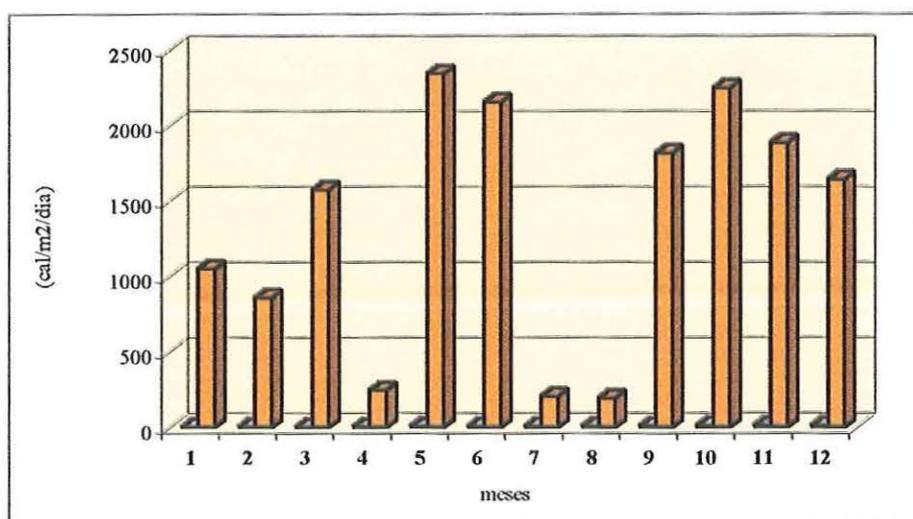


Figura 15 - Insolação média (cal. m².dia⁻¹) durante o ano de 2000 na região de São Carlos – S.P.

5.1.4 - Velocidade média do Vento

Os valores médios mensais da velocidade do vento são apresentados na Figura 16. O maior valor médio foi registrado para o mês de dezembro (3,39 m/s), enquanto que o menor valor médio foi registrado para o mês de junho (2,21m/s). Analisando-se a velocidade média do vento nos meses em que foram realizadas as coletas observa-se que a média mensal para o período de chuva foi ligeiramente maior (2,89 m/s) do que a média mensal registrada no período seco (2,49m/s).

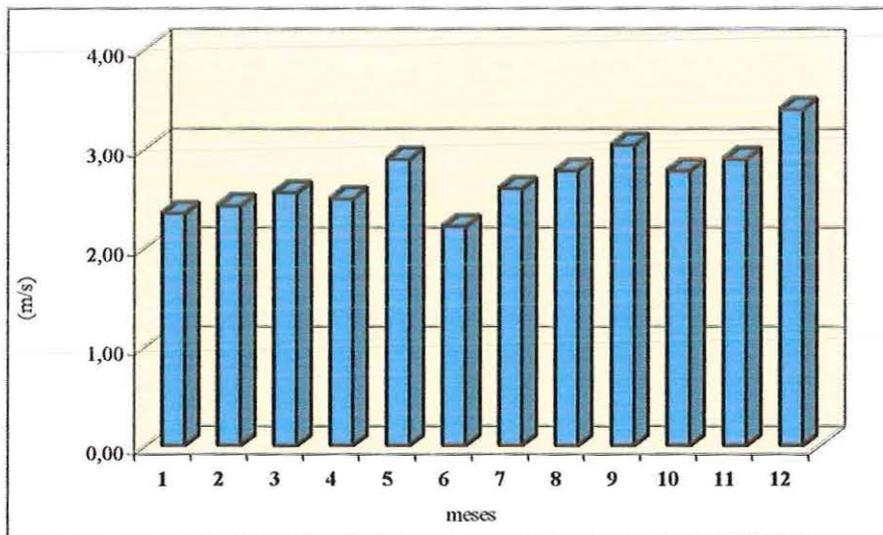


Figura 16 - Valores médios mensais da velocidade do vento durante o ano de 2000 na região de São Carlos

5.2.5 – Velocidades máxima e mínima por direção dos ventos

A Figura 17 mostra os valores de velocidade máxima por direção no mês de abril, onde se observa que a velocidade máxima para o mês ocorre na direção leste (E) e foi de 5,5 m/s. A velocidade mínima foi registrada na direção sul (S) correspondendo a 1,8 m/s.

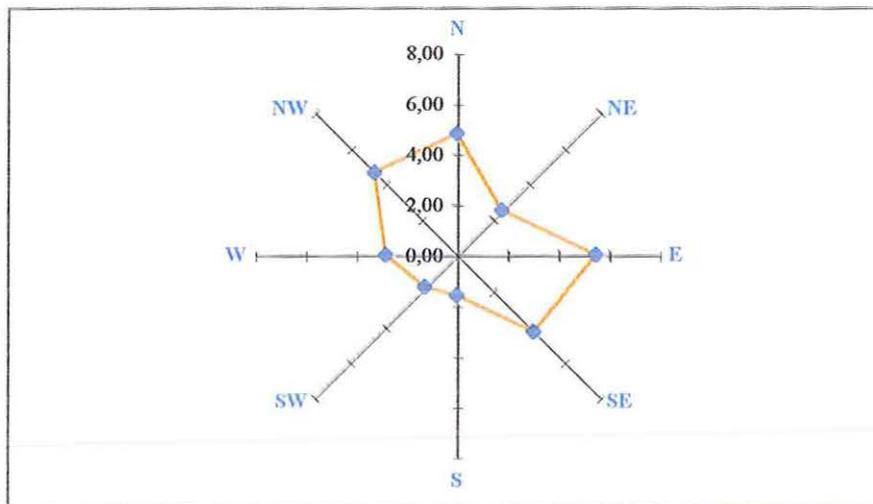


Figura 17 - Velocidades máxima e mínima por direção durante o mês de abril na região de São Carlos - S.P.

Os valores de velocidade máxima e mínima por direção para o mês de novembro são mostrados na Figura 18. A velocidade máxima foi registrada na direção norte (N) sendo de 6,5 m/s, enquanto que a mínima foi de 2,6 para as direções sudoeste e noroeste (SW e NW).

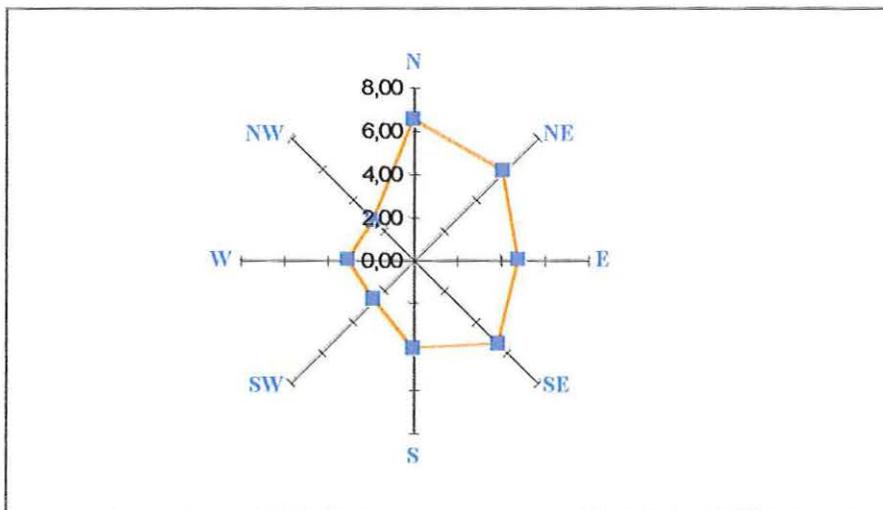


Figura 18 - Velocidades máxima e mínima por direção durante o mês de novembro na região de São Carlos - S.P.

5.2.6 - *Frequência de ocorrência dos ventos*

As frequências de ocorrência na direção dos ventos em abril e novembro (meses das coletas) são apresentadas nas figuras 19 e 20 respectivamente. Observa-se que durante o mês de abril predominaram ventos na direção sudeste (SE) (Figura 19), enquanto que no mês de novembro predominaram ventos na direção leste (E) (Figura 20).

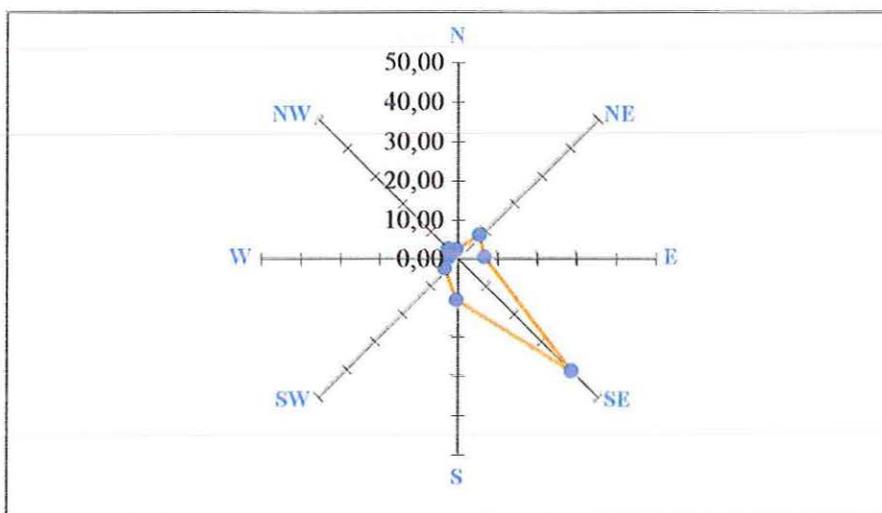


Figura 19 - Frequência de ocorrência de ventos nas diferentes direções durante o mês de abril na região de São Carlos - S.P.

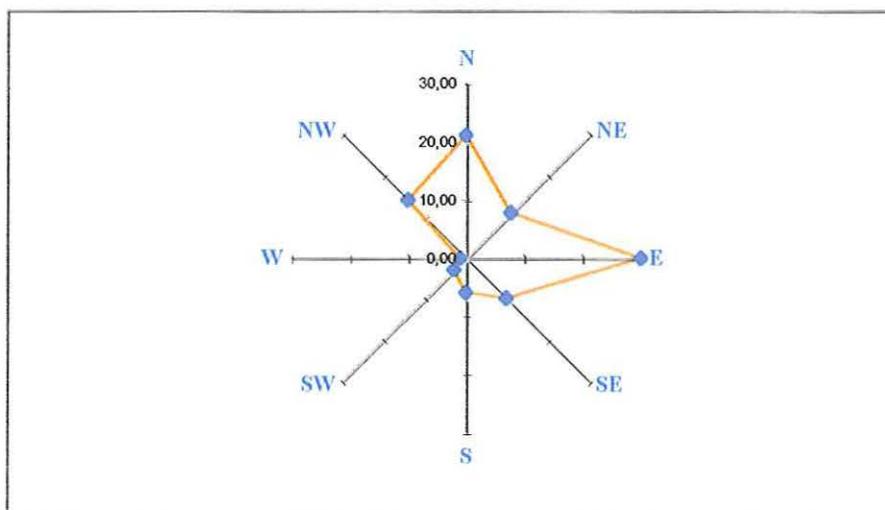


Figura 20 - Frequência de ocorrência de ventos nas diferentes direções durante o mês de novembro na região de São Carlos - S.P.

5.3 – Variáveis Hidrológicas

5.3.1 - Velocidade de escoamento instantânea

Os valores relativos às velocidades de escoamento instantâneas para o período de seca, são apresentados na Figura 21. Observa-se que o maior valor foi encontrado na estação 6 ($0,769 \text{ m.s}^{-1}$), e o menor valor foi registrado na nascente (estação 1 = $0,24 \text{ m.s}^{-1}$).

No período das chuvas (Figura 22) o maior valor foi verificado na estação 6 ($1,35 \text{ m.s}^{-1}$) enquanto que o menor valor foi registrado na estação 2 ($0,2 \text{ m.s}^{-1}$). Nos dois períodos de estudo se observou uma diminuição da velocidade de escoamento da estação 4 para a estação 5 e da estação 6 para a estação 7.

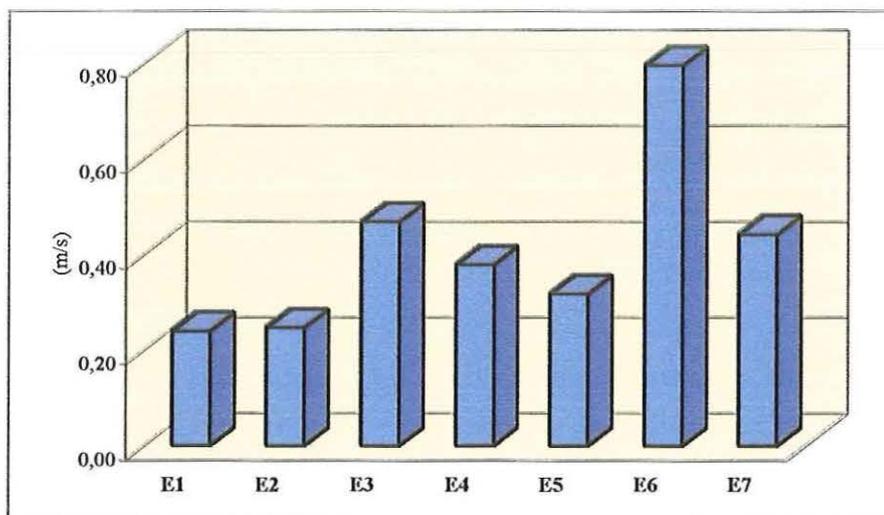


Figura 21 - Velocidades de escoamento instantâneas representativas do período de seca para todas as estações de coleta no Córrego do Cancã –São Carlos – S.P.

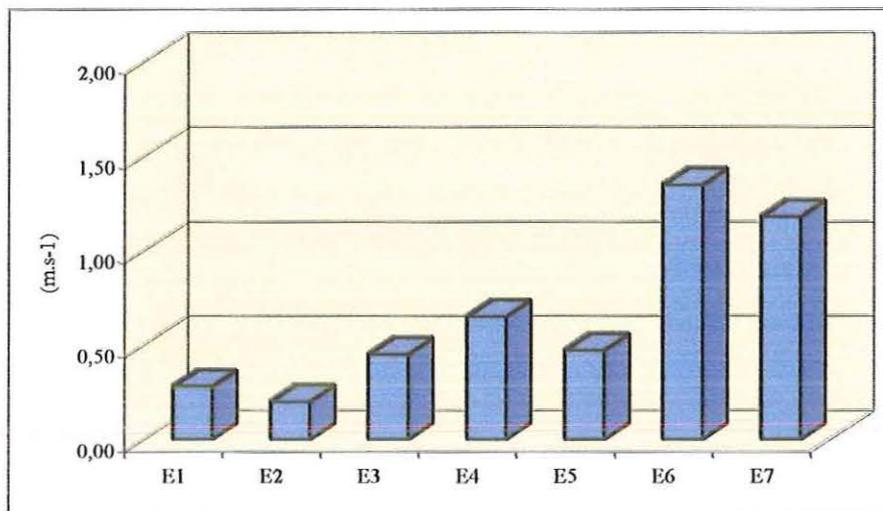


Figura 22 - Velocidades de escoamento instantâneas no período de chuva para todas as estações de coleta no Córrego do Cancã –São Carlos – S.P.

5.3.2 - Medidas de vazão

Foram calculadas as vazões para os períodos de seca (Figura 23) e de chuva (Figura 24), para todos os trechos do córrego onde se localizam as estações de coleta no Córrego do Cancã.

No período seco, o maior valor foi registrado na estação 6 (0,796 m³/s), enquanto que o menor valor foi registrado na estação 1, onde se localiza a nascente (0,24 m³/s). Nota-se uma tendência geral de aumento de vazão ao longo do rio interrompida na estação 5.

No período de chuvas os valores de vazão, seguiram a mesma tendência do período seco. As medidas mostraram um aumento gradual de montante à jusante sendo o gradiente interrompido na estação 5 (1,32 m³.s⁻¹). O maior valor foi registrado na estação 6 (1,35 m³ . s⁻¹) e o menor foi registrado novamente na estação 1 (nascente – 0,16 m³.s⁻¹).

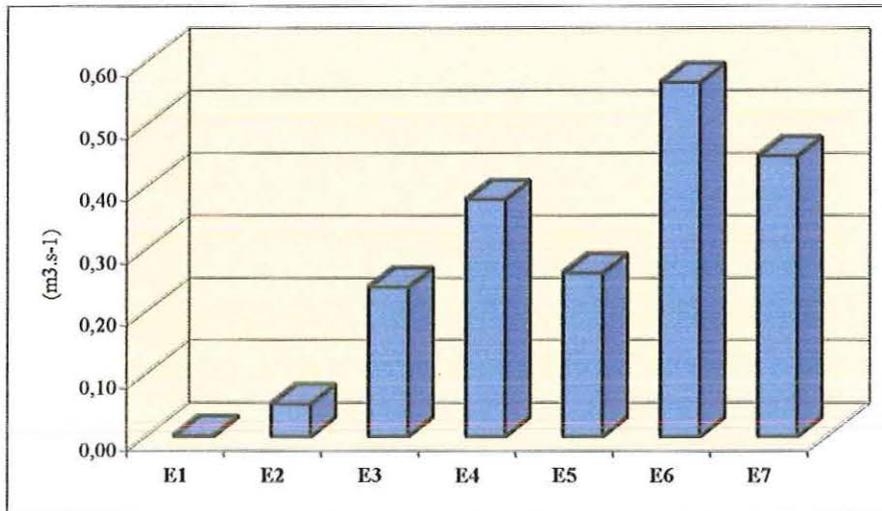


Figura 23 -Vazões (em $m^3 \cdot s^{-1}$) durante o período de seca para os diferentes trechos do Córrego do Cancã –São Carlos – S.P., onde se localizam as estações de coleta.

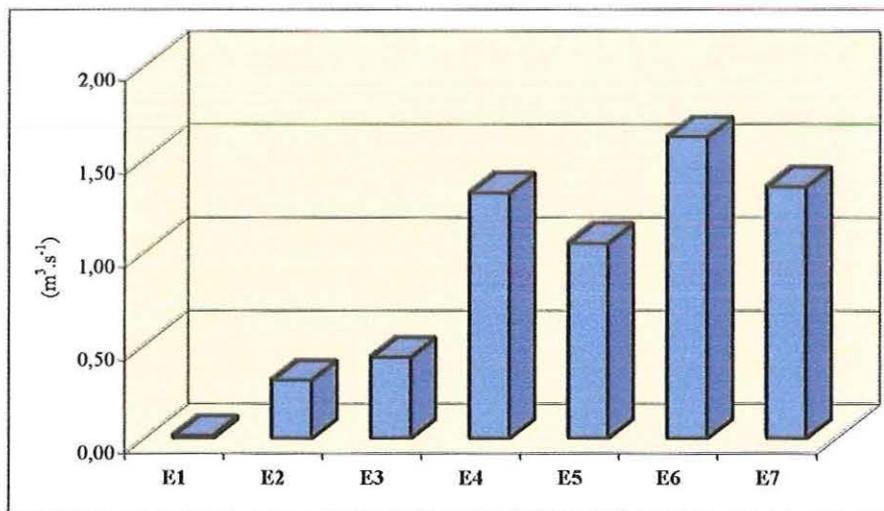


Figura 24 -Vazões (em m^3 / s) durante o período de chuvas para os diferentes trechos do Córrego do Cancã – São Carlos – S.P., onde se localizam as estações de coleta.

5.4 – Variáveis físicas e químicas

5.4.1 - Temperatura da água

Analisando-se os dados de temperatura apresentados na Figura 25, observa-se que a temperatura da água foi maior durante a estação chuvosa, com exceção apenas do ponto 01 onde o maior valor verificado (22,1° C) ocorreu no período de transição de seca. O maior valor observado foi 24,1° C, nos pontos 06 e 07 na estação seca. As temperaturas médias representativas para os dois períodos analisados foram, no entanto, bastante próximas, correspondendo a 21,14 °C e 22,6° C para período de seca e de chuva, respectivamente.

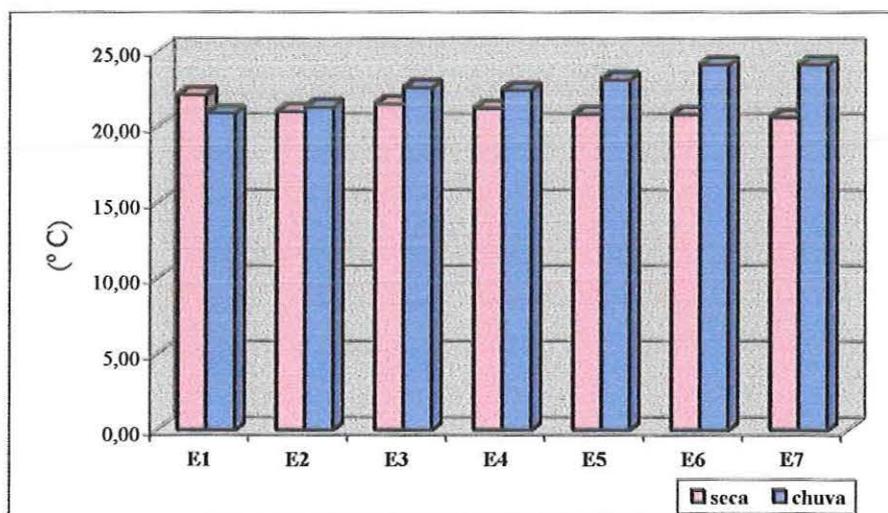


Figura 25 - Temperatura da água em (°C), medida nas sete estações de coleta durante os períodos de seca e chuva no Córrego do Cancã.

5.4.2 - Condutividade elétrica da água

Os valores de condutividade são mostrados na Figura 26 para as amostragens realizadas nos dois períodos de estudo, e para todas as estações de coleta. Verifica-se na estação chuvosa, que os valores são mais elevados do que no período seco, variando entre $36,0 \mu\text{Sm}^{-1}$ (mínimo), na estação 1, e $111,0$ (máximo), na estação 2. De uma maneira geral a média dos valores para a estação de seca ($51 \mu\text{Sm}^{-1}$) foram maiores do que no período de chuva ($48 \mu\text{Sm}^{-1}$).

Não se observa um gradiente longitudinal em relação à condutividade, havendo apenas um aumento de condutividade nos trechos onde se localizam as estações 2 e 3, ainda na porção superior do córrego.

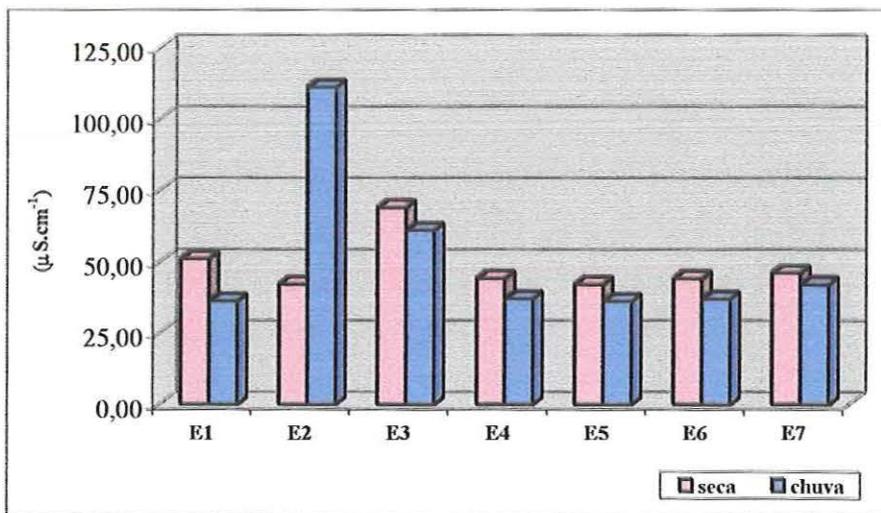


Figura 26 - Condutividade em (μSm^{-1}) da água nas sete estações de coleta durante os períodos de seca e chuva no Córrego do Cancã .

5.4.3 - pH

A Figura 27 refere-se aos valores de pH medidos em cada estação de coleta no período de estudo. O menor valor (4,26) foi registrado no ponto 1 e o maior de 6,88 no ponto 6, revelando portanto que as águas do Córrego Cancã variam de medianamente ácidas até quase a neutralidade. O valor médio de pH das águas do Córrego do Cancã foi de 5,59 em abril e 5,74 em novembro, podendo as águas do córrego ser classificadas como levemente ácidas.

A distribuição espacial dos valores revela que há um gradiente longitudinal da nascente à foz, com as águas relativamente ácidas próximo à nascente, passando para próximo à neutralidade na porção final do córrego.

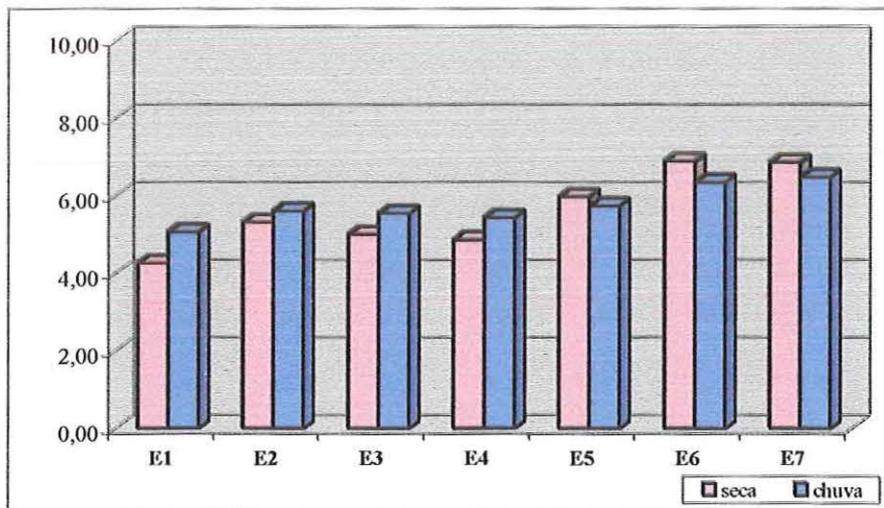


Figura 27 - Valores de pH obtidos nas sete estações de coleta durante os períodos de seca e chuva no Córrego do Cancã.

5.4.4 - Concentração de Oxigênio Dissolvido

Os valores de concentração de oxigênio dissolvido (mg. L^{-1}) nas estações estudadas e nos períodos de análise (seca e chuva) estão plotados na Figura 28. Durante a estação seca os valores de oxigênio dissolvido foram maiores do que no período chuvoso.

Os maiores valores em ambos períodos são encontrados nas estações 6 ($8,71 \text{ mg.L}^{-1}$) e 7 ($8,91 \text{ mg.L}^{-1}$), enquanto que os menores valores, também nos dois períodos, encontram-se na estação 1 ($3,60 \text{ mg.L}^{-1}$) e 3 ($3,26 \text{ mg.L}^{-1}$). Com relação ao córrego como um todo, observa-se uma tendência a um aumento na concentração de oxigênio dissolvido no sentido longitudinal, da nascente à foz.

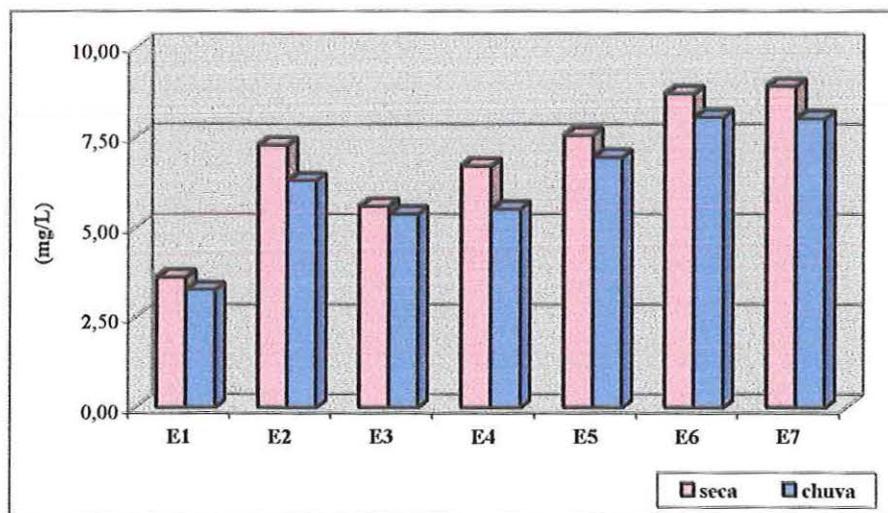


Figura 28 - Concentrações de oxigênio dissolvido na água em (mg.L^{-1}), obtidos durante os períodos de seca e chuva no Córrego do Cancã.

5.4.5 -. Concentração de Material em Suspensão

5.4.5.1 - - Material em Suspensão Total

A Figura 29 mostra as concentrações de sólidos suspensos totais registradas nos dias de coleta. A maior concentração de sólidos suspensos, de (19,00 mg.L⁻¹), foi registrada durante o período de seca (abril) na estação 2. O menor valor de 2,30 mg.L⁻¹, também foi observado no mesmo período, na estação 1.

Durante o período de chuva o maior valor foi registrado na estação 4, com 13,40 mg.L⁻¹, enquanto que o menor valor, de 2,65 mg.L⁻¹, foi também registrado para a estação 1. A tabela 01 e tabela 02 apresentadas no Anexo 1 contêm os valores absolutos das concentrações de sólidos suspensos totais para a estação seca e para estação chuvosa, respectivamente.

Não há um gradiente de variação na concentração de material em suspensão, da nascente à foz. Observa -se que as maiores concentrações de material suspenso são encontradas da porção alta à porção intermediária do córrego (estações 2, 4 e 5).

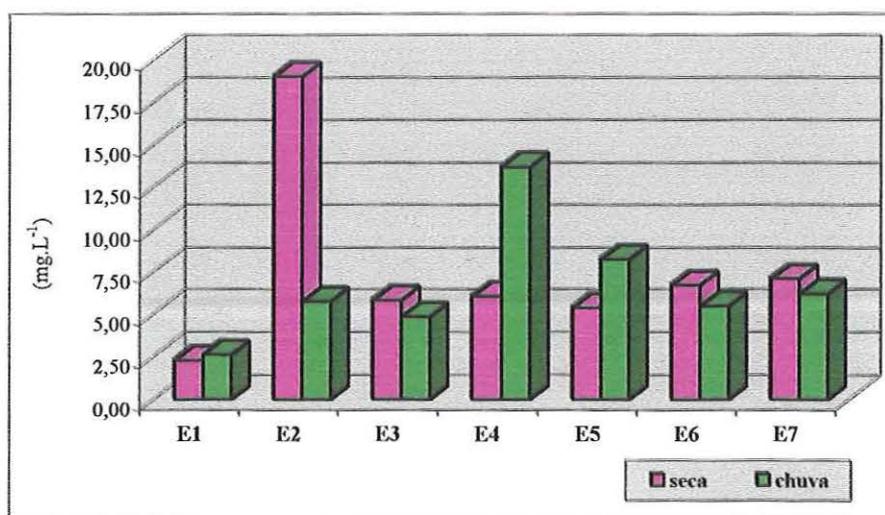


Figura 29 - Material em suspensão total (mg.L⁻¹), medidos nas sete estações de coleta para os períodos de seca e chuva no Córrego do Cancã .

5.4.5.2 - - Fração Inorgânica do Material em Suspensão.

As concentrações de material inorgânico foram maiores durante o período de seca, com exceção das estações 1 e 4. Nesse período o maior valor foi registrado na estação 2 ($13,40 \text{ mg.L}^{-1}$) enquanto que o menor valor foi registrado na estação 1 ($0,60 \text{ mg.L}^{-1}$).

Durante o período de chuva, a maior concentração foi encontrada (na estação 4 ($4,60 \text{ mg.L}^{-1}$) e a menor na estação 1 ($1,44 \text{ mg.L}^{-1}$). A Tabela 01 e tabela 02 do Anexo-1, contêm os valores absolutos das concentrações de sólidos suspensos inorgânicos para a estação seca e para a estação chuvosa respectivamente.

Apesar da ocorrência de um pico no valor de sólidos suspensos inorgânicos na estação 2, observa-se um gradiente crescente na concentração de material suspenso inorgânico, da nascente à foz (Figura 30).

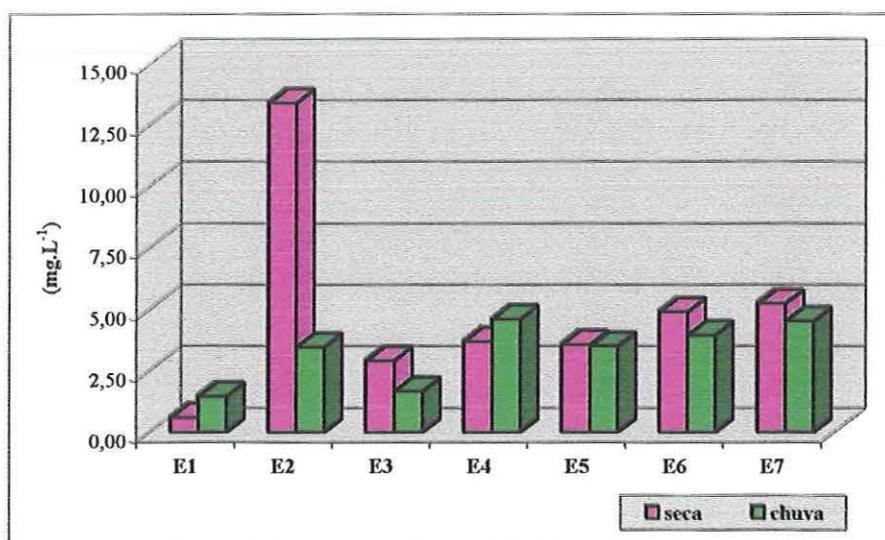


Figura 30 - Concentrações de material em suspensão inorgânico (mg.L^{-1}), obtidas nas sete estações de coleta, durante os períodos de seca e chuva no Córrego do Cancã .

5.4.5.3 – Fração Orgânica de Sólidos Suspensos

Os valores das concentrações de material em suspensão orgânico (Figura 31) variaram de 1,70 mg.L⁻¹ na estação 1 até 5,60 mg.L⁻¹ na (estação 2), durante o período de seca . No período de chuva, observou-se uma variação de 1,21 mg.L⁻¹ na (estação 1) a 9,41 mg.L⁻¹ na (estação 4). Os valores médios foram de 2,59 mg.L⁻¹ e de 3,42 mg.L⁻¹ na estação seca e na estação chuvosa, respectivamente.

Nas tabelas 01 e 02 do Anexo 1, estão apresentados os valores absolutos das concentrações de sólidos suspensos orgânicos registrados nas diferentes estações de coleta nos dois períodos de estudo.

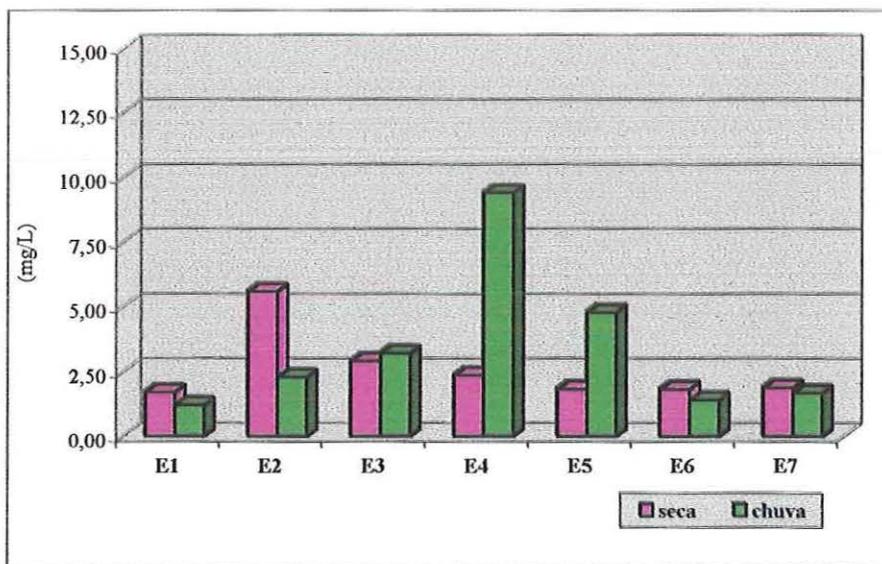


Figura 31 - Material em suspensão orgânico (mg.L⁻¹), obtidos nas sete estações de coleta durante os períodos de seca e chuva no Córrego do Cancã .

5.5. Nutrientes

5.5.1 - Amônio

Os valores registrados das concentrações de amônio em todas as estações foram mais elevados durante o período de seca, com exceção da estação 7. As maiores concentrações foram observadas nas estações 5 ($86,61 \mu\text{g.L}^{-1}$) e 3 ($52,80 \mu\text{g.L}^{-1}$), enquanto que a menor concentração foi registrada na estação 7 ($14,32 \mu\text{g.L}^{-1}$).

Os valores encontrados no período de chuva foram menores também em todas as estações, exceto na estação 7. Nesse período as maiores concentrações foram de $48,52 \mu\text{g.L}^{-1}$ (na estação 3) e de $43,07 \mu\text{g.L}^{-1}$ (na estação 5), enquanto que os menores valores foram observados na estação 1 ($18,20 \mu\text{g.L}^{-1}$) e na estação 7 ($23,65 \mu\text{g.L}^{-1}$) conforme a Figura 32.

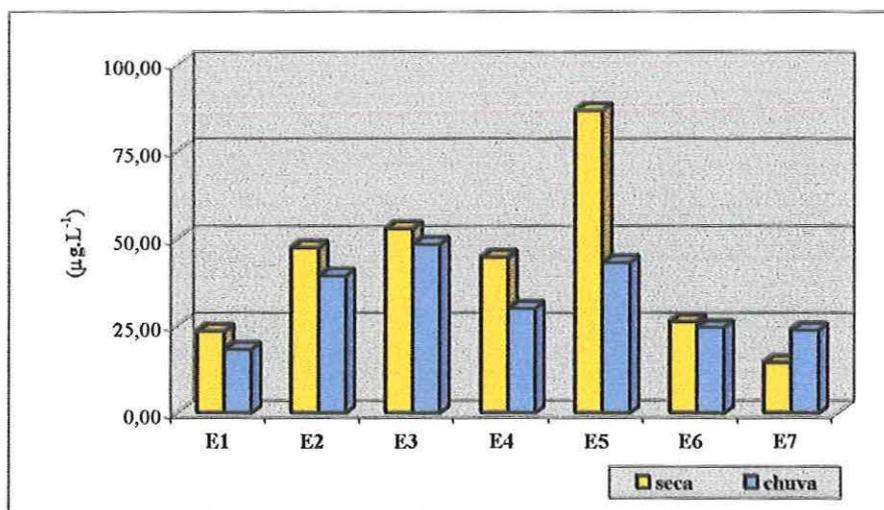


Figura 32 - Concentrações de amônio (em $\mu\text{g.L}^{-1}$) obtidas nos períodos de seca e chuva no Córrego do Cancã – São Carlos – S.P.

5.5.2 - Nitrato

Os valores das concentrações de nitrato estão apresentados na Figura 33. Em todas as estações os maiores valores foram encontrados na estação seca. Os maiores valores, neste período, foram encontrados na estação 2 ($133,81 \mu\text{g.L}^{-1}$) e na estação 6 ($112,32 \mu\text{g.L}^{-1}$). Na estação 1 registrou-se o menor valor de $20,00 \mu\text{g.L}^{-1}$.

No período de chuva o maior valor foi registrado na estação 2 ($51,40 \mu\text{g.L}^{-1}$), enquanto que o menor valor foi observado na estação 1 ($10,32 \mu\text{g.L}^{-1}$).

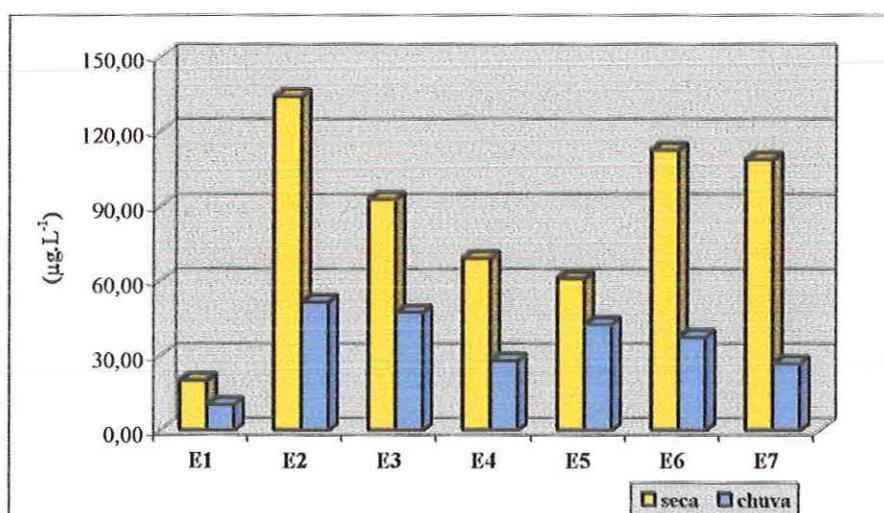


Figura 33 - Concentrações de nitrato (em $\mu\text{g.L}^{-1}$) obtidas nos períodos de seca e chuva no Córrego do Cancã – São Carlos – S.P.

5.5.3 - Nitrito

Com exceção da estação 6 e da estação 7, as concentrações de nitrito (Figura 34) foram maiores no início da estação seca. Nesse período foi registrado na estação 5 o maior valor ($1,61 \mu\text{g.L}^{-1}$) e o menor valor na estação 1 ($0,50 \mu\text{g.L}^{-1}$). O valor médio entre as diferentes estações de coleta ao longo do córrego corresponde a $1,07 \mu\text{g.L}^{-1}$.

Na estação chuvosa, as concentrações de nitrito variaram de 0,35 $\mu\text{g.L}^{-1}$ na (estação 1) a 1,54 $\mu\text{g.L}^{-1}$ na (estação 6). A média entre as estações neste período foi menor, com o valor de 0,86 $\mu\text{g.L}^{-1}$.

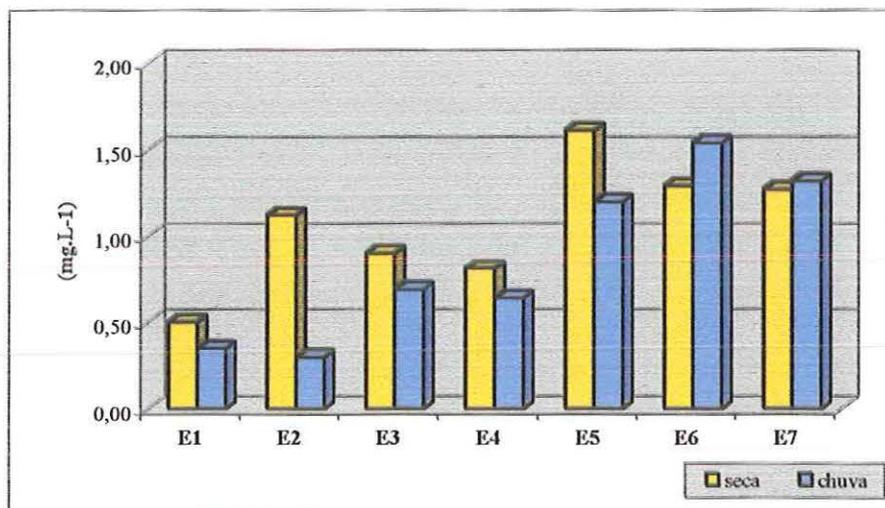


Figura 34 - Concentrações de nitrito (em $\mu\text{g.L}^{-1}$) obtidos nos períodos de seca e chuva no Córrego do Cancã – São Carlos – S.P.

5.5.4 - Nitrogênio Total

Na Figura 35 são apresentadas as concentrações (mg.L^{-1}) de nitrogênio total para todas as estações de coleta. Em todas as estações as maiores concentrações foram observadas no período seco, com exceção da nascente (estação 1). A maior concentração foi registrada na estação 5 (325,83 mg.L^{-1}) e o menor valor, neste mesmo período, foi encontrado na estação 1 (133,40 mg.L^{-1}). A média das concentrações foi de 259,20 mg.L^{-1} .

No período chuvoso os valores foram menores. A maior concentração foi registrada na estação 3 (162,10 mg.L^{-1}), enquanto que o menor valor foi verificado na estação 6 (117,74 mg.L^{-1}). A média registrada nesse período também foi menor (146,72 mg.L^{-1}).

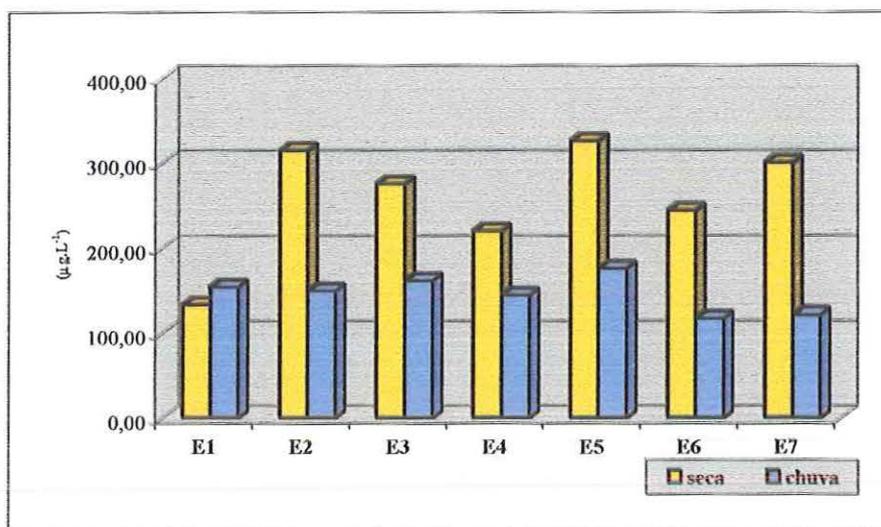


Figura 35 - Concentrações de nitrogênio total (em mg. L⁻¹) obtidos nos períodos de seca e chuva no Córrego do Cancã – São Carlos – S.P.

5.5.5 - Fosfato Total

Os resultados da análise de fosfato total dissolvido são apresentados na Figura 36. As concentrações variaram de um mínimo de 5,61 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (estação 3) a um máximo de 6,83 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (estação 1) na coleta no período seca. O valor médio entre as estações de coleta, para esse período, foi de 6,28 $\mu\text{g.L}^{-1}$.

Na estação chuvosa, em todas as estações de coleta, foram obtidas concentrações mais elevadas do que aquelas encontradas na seca. Nesse período a maior concentração foi registrada na estação 1 (11,87 $\mu\text{g.L}^{-1}$) enquanto que a menor concentração foi encontrada na estação 2 (7,89 $\mu\text{g.L}^{-1}$). A média ao longo do rio para a coleta de novembro foi de 9,81 $\mu\text{g.L}^{-1}$.

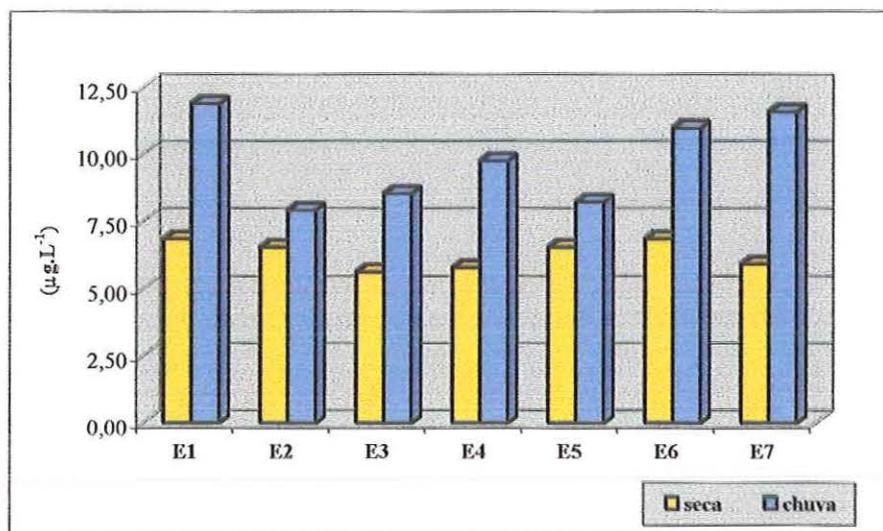


Figura 36 - Concentrações de fosfato total dissolvido (em $\mu\text{g.L}^{-1}$) obtidos nos períodos de seca e chuva no Córrego do Cancã - São Carlos - SP.

5.5.6 - Fosfato Inorgânico Dissolvido

Analisando-se a (Figura 37) nota-se que no período de seca, com exceção da estação 7, ocorreram as maiores concentrações de fosfato inorgânico dissolvido no Córrego do Cancã, verificando-se uma variação de $4,45 \mu\text{g.L}^{-1}$ (na estação 3 e na estação 4), até $6,07 \mu\text{g.L}^{-1}$ (na estação 1).

Na coleta realizada na estação chuvosa, verificou-se que as concentrações foram menores, registrando-se o menor valor para a estação 1 ($1,08 \mu\text{g.L}^{-1}$), enquanto que o maior valor foi registrado na estação 7 ($5,04 \mu\text{g.L}^{-1}$).

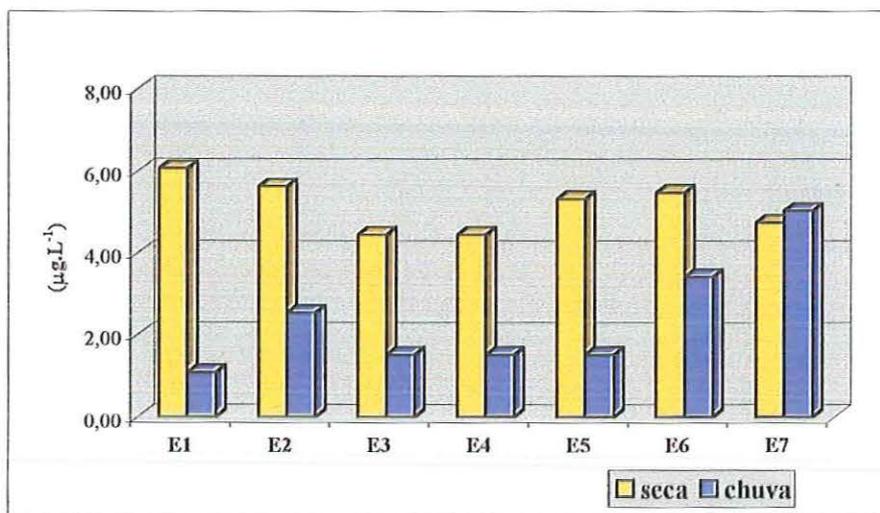


Figura 37 - Concentrações de fosfato inorgânico dissolvido (em $\mu\text{g/L}$), obtidos nos períodos de seca e chuva no Córrego do Cancã - São Carlos - SP.

5.5.7 - Fosfato Orgânico Dissolvido

As concentrações de fosfato orgânico dissolvido são apresentadas na Figura 38. Todas as estações apresentam valores maiores durante a coleta da estação chuvosa. O maior valor foi encontrado na estação 1 ($10,78 \mu\text{g.L}^{-1}$) durante esse período, enquanto que o menor valor foi registrado na estação 2 ($5,34 \mu\text{g.L}^{-1}$). A média para a coleta do período chuvoso foi de $7,43 \mu\text{g.L}^{-1}$.

Na coleta da estação seca os valores variaram de um mínimo de $0,76 \mu\text{g.L}^{-1}$ (estação 1) a um máximo de $1,35 \mu\text{g.L}^{-1}$ (estação 6). A média nesse período foi de $1,11 \mu\text{g.L}^{-1}$.

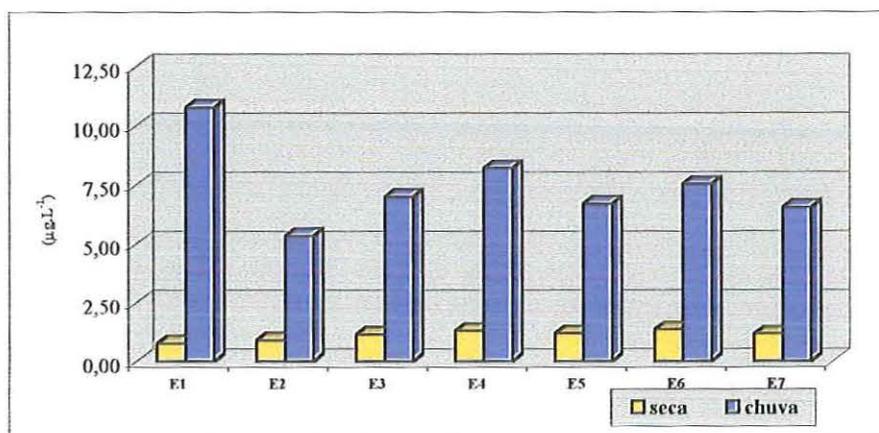


Figura 38 - Concentrações de fosfato orgânico dissolvido (em µg.L⁻¹), obtidos nos períodos de seca e chuva no Córrego do Cancã - São Carlos - SP.

5.5.8 - Fósforo Total

Observando-se as concentrações de fósforo total (Figura 39) não se verifica nenhuma variação sazonal expressiva. Durante a coleta realizada na estação seca, observou-se que o maior valor foi registrado na estação 5 (22,92 µg.L⁻¹), enquanto que o menor valor, foi registrado na estação 4 (15,42 µg.L⁻¹). Na coleta realizada no período chuvoso, o maior valor foi registrado na estação 6 (24,22 µg.L⁻¹) e o menor na estação 2 (11,83 µg.L⁻¹).

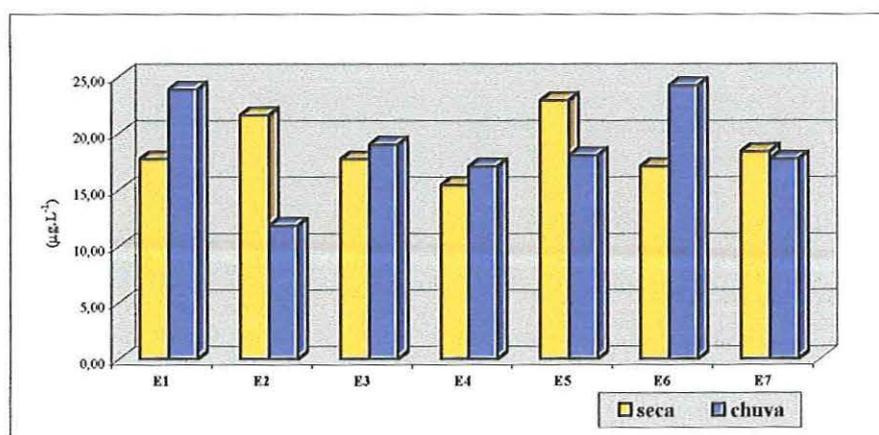


Figura 39 - Valores das concentrações de fósforo total dissolvido (em µg.L⁻¹), obtidos dos períodos de seca e chuva no Córrego do Cancã - São Carlos - SP.

5.5.9 - Silicato Reativo

Os valores médios das concentrações de silicato reativo (Figura 40), em todas as estações de coleta, foram maiores no início da estação chuvosa, onde os valores variaram de 1,95 mg.L⁻¹ (estação 1) a 5,46 mg.L⁻¹ (estação 6).

Na coleta referente a estação seca os valores variaram de 0,34 mg.L⁻¹ (estação 1) a 4,04 mg.L⁻¹ (estação 6). As médias foram de 2,23 mg.L⁻¹ e 3,62 mg.L⁻¹ no período seco e no chuvoso, respectivamente.

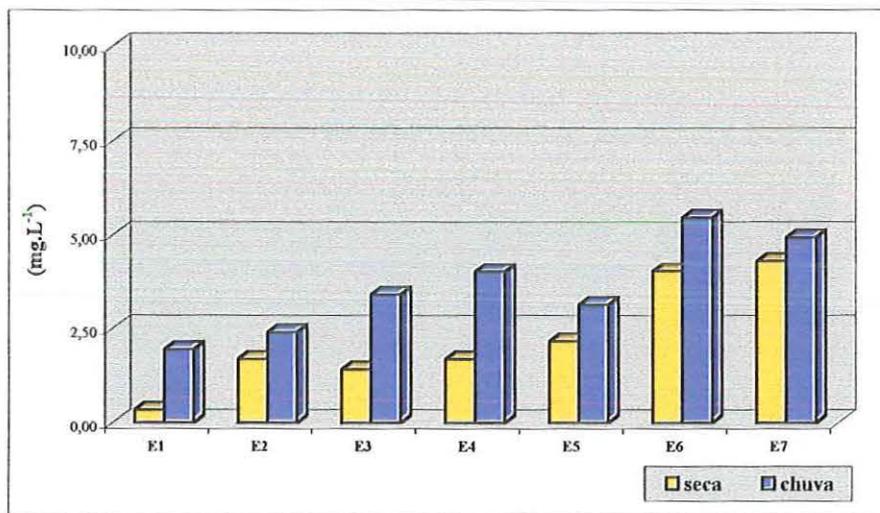


Figura 40 - Valores das concentrações de Silicato Reativo em (mg.L⁻¹) obtidos dos períodos de seca e chuva no Córrego do Cancã - São Carlos - SP.

5.6 - Análise das cargas de nutrientes

Nas Figuras 41 a 48 estão apresentados os balanços de massa para cada nutriente analisado, em todas as estações de coleta da microbacia do Córrego do Cancã, em duas estações climáticas distintas: chuva e seca.

5.6.1 - Amônio

Em relação à carga de amônio (Figura 41), o maior valor foi registrado na estação 5 ($22,69 \text{ Kg.mês}^{-1}$) e o menor valor na estação 1 ($0,021 \text{ Kg.mês}^{-1}$), no período de seca. Observa-se, neste período que as cargas de amônio tenderam a aumentar da estação 1 para a estação 5, diminuindo a jusante, na porção inferior do córrego nas estações 6 ($14,75 \text{ Kg.mês}^{-1}$) e 7 ($6,44 \text{ Kg.mês}^{-1}$).

No período chuvoso, os valores, de uma maneira geral, foram mais altos, em todas as estações de coleta, sendo que o menor valor ($0,29 \text{ Kg.mês}^{-1}$) foi registrado na estação 1 e o maior valor ($45,23 \text{ Kg.mês}^{-1}$) na estação 5.

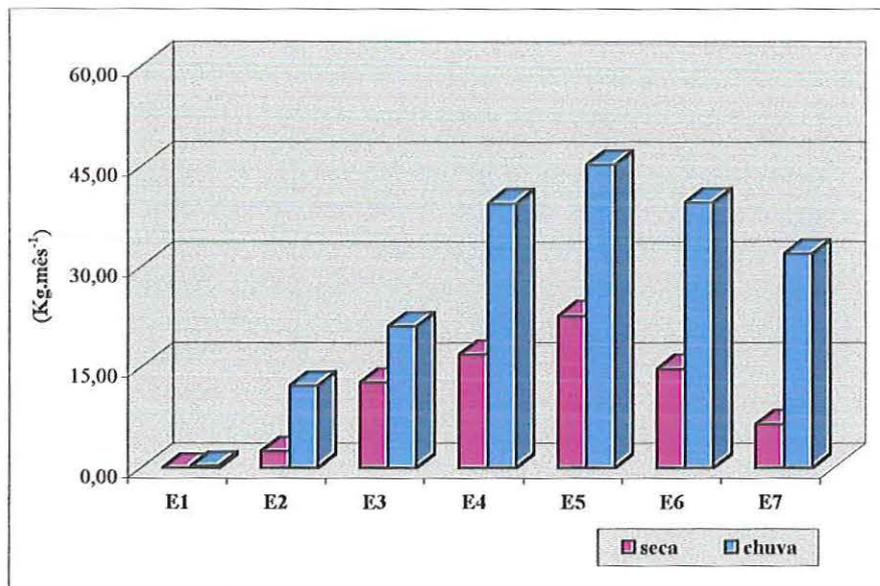


Figura 41 - Cargas de amônio (Kg. mês^{-1}) nas estações de coleta nos períodos de seca e chuva – Córrego do Cancã, município de São Carlos – S.P.

5.6.2 - Nitrato

Com relação ao nitrato, os valores das cargas estão apresentados na Figura 42. Não se observa um padrão nítido de variação sazonal, porém as estações 3 ($22,25 \text{ Kg.mês}^{-1}$), 6 ($63,79 \text{ Kg.mês}^{-1}$) e 7 ($48,84 \text{ Kg.mês}^{-1}$), apresentaram cargas maiores no período de estiagem.

Nas estações no período chuvoso, os valores calculados das cargas de nitrato tiveram o menor valor registrado na estação 1 ($0,165 \text{ Kg.mês}^{-1}$) e o maior na estação 6 ($60,31 \text{ Kg.mês}^{-1}$). De um modo geral, a partir do médio curso (estação 4) até as estações finais foram observados os maiores valores.

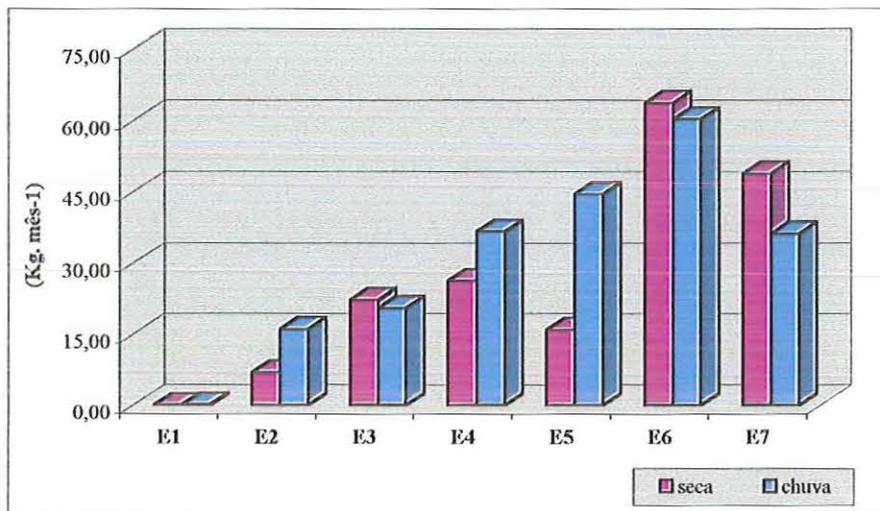


Figura 42 - Cargas de nitrato (Kg. mês^{-1}) nas estações de coleta nos períodos de seca e chuva – Córrego do Cancã, município de São Carlos – S.P.

5.6.3 - Nitrito

A Figura 43 apresenta os valores referentes às cargas de nitrito. Nota-se um aumento das cargas, no período de seca, da estação 1 ($0,0004 \text{ Kg.mês}^{-1}$) à estação 6 ($0,738 \text{ Kg.mês}^{-1}$). O mesmo padrão pode ser observado para o período chuvoso.

Os maiores valores de cargas de nitrito foram registrados no período das chuvas, sendo que os maiores valores ocorreram na (estações 6 - $2,49 \text{ Kg. mês}^{-1}$) e na (estação 7 - $1,78 \text{ Kg. mês}^{-1}$).

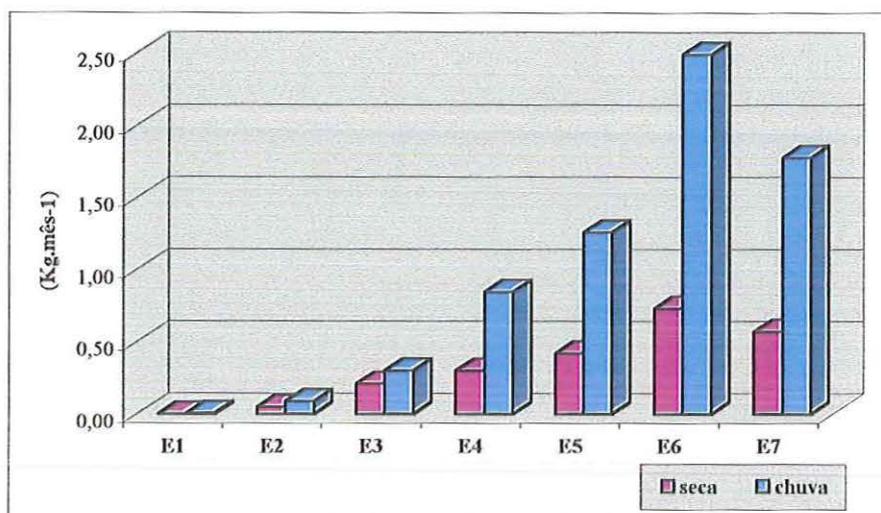


Figura 43 - Cargas de nitrito (Kg. mês^{-1}) nas estações de coleta nos períodos de seca e chuva – Córrego do Cancã, município de São Carlos – S.P.

5.6.4 - Nitrogênio total

Os valores da carga de nitrogênio total são mostrados na Figura 44. Em todas as estações de coleta, durante o período da seca, foram registrados valores menores do que as cargas registradas no período de chuvas. O maior valor, no período seco, foi encontrado na estação 6 ($138,75 \text{ Kg.mês}^{-1}$), enquanto que o menor valor foi registrado na estação 1 ($0,121 \text{ Kg.mês}^{-1}$).

Na medida realizada na estação chuvosa, os valores variaram de um mínimo de $2,46 \text{ Kg.mês}^{-1}$ na (estação 1) a um máximo de $190,73 \text{ Kg.mês}^{-1}$ na (estação 6).

É possível observar, na Figura 44, que existe uma tendência gradual de aumento dos valores das cargas de montante (estação 1 – $0,006 \text{ Kg.mês}^{-1}$) a jusante (estação 6 - $138,75$), no período de seca, sendo interrompido apenas na estação final (estação 7 – $135,17 \text{ Kg.mês}^{-1}$), onde se observa uma diminuição deste valor. Tal tendência não é observada no período de chuvas, sendo que neste período os valores nas estações 4, 5 e 6 apresentaram valores muito próximos ($190,72 \text{ Kg.mês}^{-1}$, $185,27 \text{ Kg.mês}^{-1}$ e $190,73 \text{ Kg.mês}^{-1}$, respectivamente).

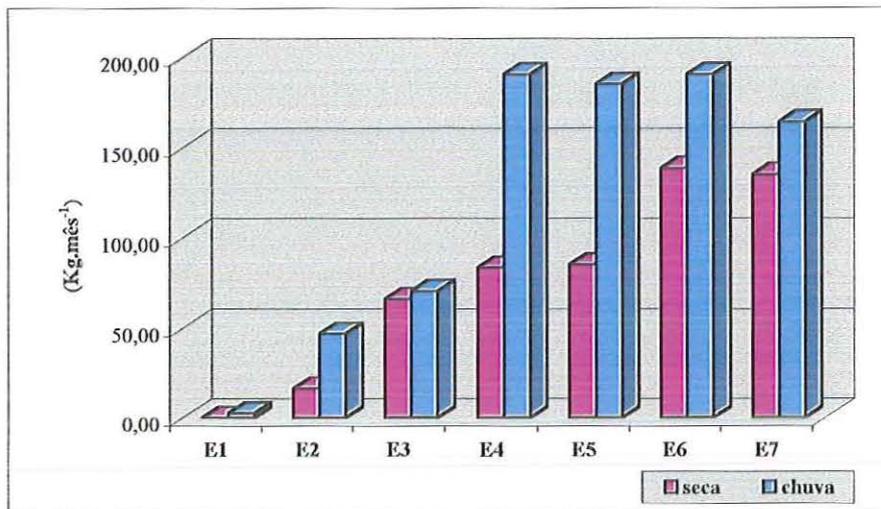


Figura 44 - Cargas de nitrogênio total (Kg. mês⁻¹) nas estações de coleta nos períodos de seca e chuva – Córrego do Cancã, município de São Carlos – S.P.

5.6.5 - Fosfato total

Com relação à carga de fosfato total, todos os valores estão apresentados na Figura 45. Em todas as estações de coleta foram obtidos valores mais elevados na coleta realizada na estação das chuvas. Nesse período o maior valor foi registrado na estação 6 (17,73 Kg.m⁻¹) e o menor valor na estação 1 (0,189 Kg.m⁻¹). O valor médio calculado para o período foi de 8,73 Kg.m⁻¹ enquanto que para o período de seca foi de 1,18 Kg.m⁻¹. A estação 1 apresentou os menores valores de cargas nos dois períodos estudados (Figura 45).

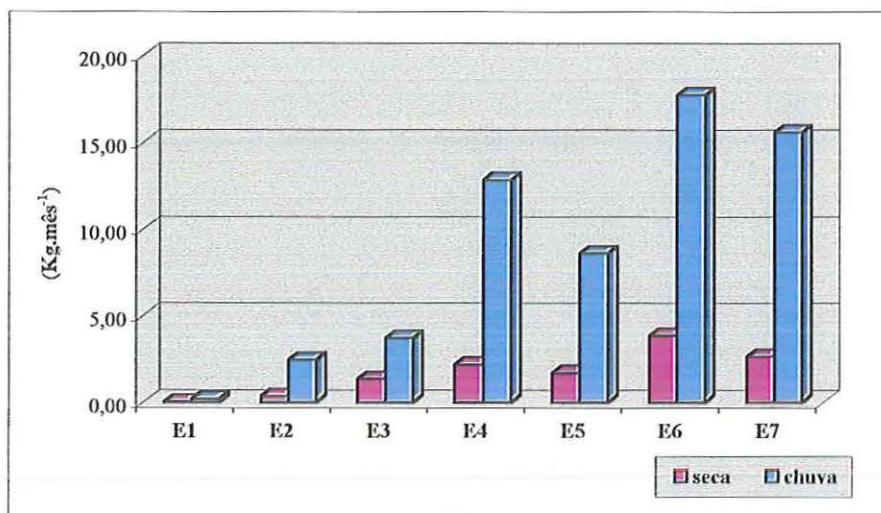


Figura 45 - Cargas de fósforo total (Kg. mês⁻¹) nas estações de coleta nos períodos de seca e chuva – Córrego do Cancã, município de São Carlos – S.P.

5.6.6 - Fósforo inorgânico

A Figura 46 apresenta as cargas de fósforo inorgânico, nas estações de coleta durante os períodos de estudo. Na coleta realizada na estação de seca foram observados os menores valores na estação 1 (0,005 Kg.mês⁻¹) e o maior valor na estação 6 (3,11 Kg.mês⁻¹). Observa-se que existe uma tendência gradual de aumento da estação 1 (0,005 Kg.mês⁻¹) até a estação 4 (1,68 Kg.mês⁻¹). Este padrão também foi observado no período de chuvas.

O maior valor do período chuvoso foi registrado na estação 7 (6,80 Kg.mês⁻¹). Valores mais elevados foram observados na estação 4 (2,00 Kg.mês⁻¹) e na estação 5 (5,54 Kg.mês⁻¹), enquanto que o menor valor também foi registrado na estação 1 (0,017 Kg.mês⁻¹).

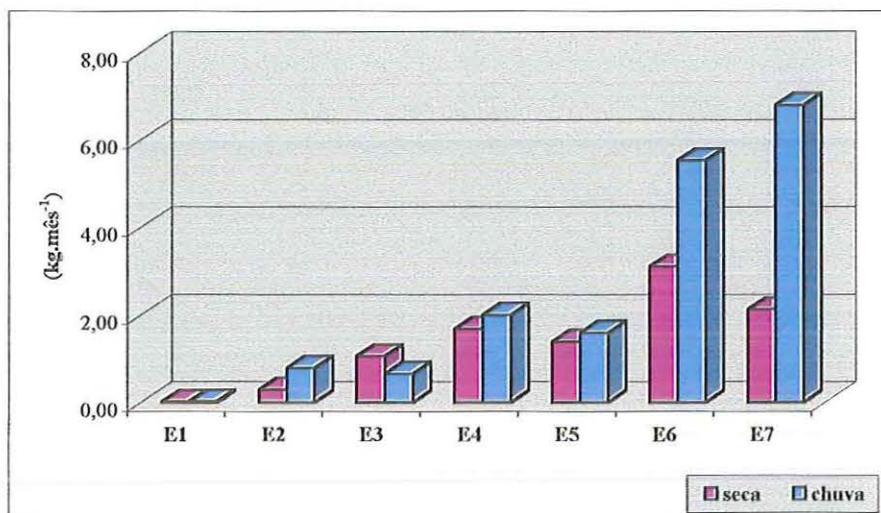


Figura 46 - Cargas de fósforo inorgânico (Kg. mês⁻¹) nas estações de coleta nos períodos de seca e chuva – Córrego do Cancã, município de São Carlos – S.P.

5.6.7 - Fósforo orgânico

Com relação às cargas de fósforo orgânico, todos os valores estão mostrados na Figura 47, onde se observa que na estação chuvosa foram registrados valores maiores de cargas em todas as estações de coleta. A estação 1 apresentou os menores valores nos dois períodos: seca (0,0006 Kg.mês⁻¹) e chuva (0,172 Kg.mês⁻¹). Na estação 4 (32,80 Kg.mês⁻¹), foi registrado o maior valor no período de chuvas. Nas duas estações climáticas estudadas nota-se um aumento gradual desde a nascente: seca- (estação 1- 0,0006 Kg/mês⁻¹) até a estação 4 (0,49 Kg/mês⁻¹) seguido por uma diminuição na estação seguinte (estação 5 – 0,31 Kg/mês⁻¹); chuva – (estação 1 0,0172 Kg/mês⁻¹) até a estação 4 (10,82 Kg/mês⁻¹). Diminuindo na estação seguinte (estação 5 – 7,01 Kg/mês⁻¹).

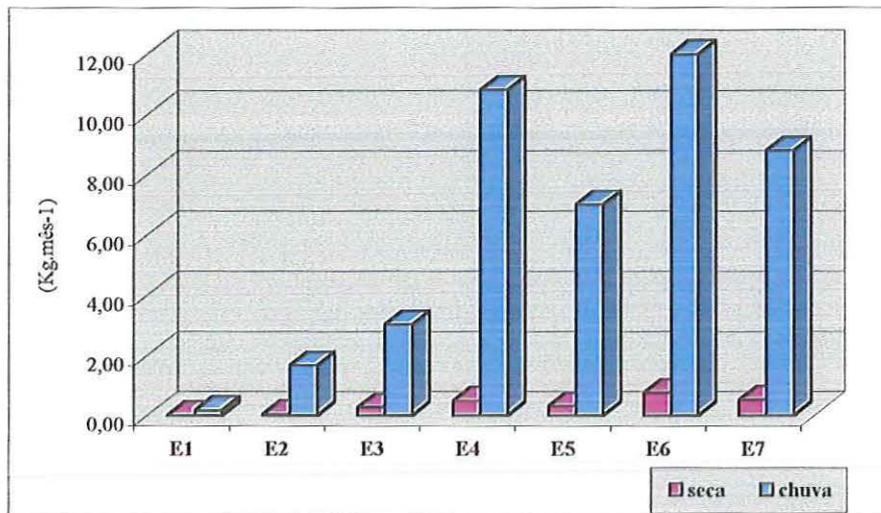


Figura 47 - Cargas de fosfato orgânico (Kg. mês^{-1}) nas estações de coleta nos períodos de seca e chuva – Córrego do Cancã, município de São Carlos – S.P.

5.6.8 – Fósforo Total

Pode-se observar na Figura 48 que as cargas de fósforo total calculadas para o período de seca, tiveram tendência de aumento da estação 1 ($0,016\text{Kg.mês}^{-1}$) à estação 6 ($9,68\text{ Kg.mês}^{-1}$), diminuindo na estação 7 (trechos finais do córrego). O valor médio calculado para o período foi de $5,02\text{ Kg.mês}^{-1}$.

No período chuvoso tal tendência é observada da estação 1 ($0,382\text{ Kg.mês}^{-1}$) a estação 4 ($22,5\text{ Kg.mês}^{-1}$), diminuindo nas estações 5 e 7. O maior valor foi registrado na estação 6 ($39,23\text{ Kg.mês}^{-1}$) e o menor valor na nascente (estação 1). A carga média calculada para o período foi de $16,69\text{ Kg.mês}^{-1}$, enquanto que para o período de seca foi de $5,02\text{ Kg.mês}^{-1}$.

A diferença entre os valores médios calculados para os dois períodos foi de $20,58\text{ Kg.mês}^{-1}$.

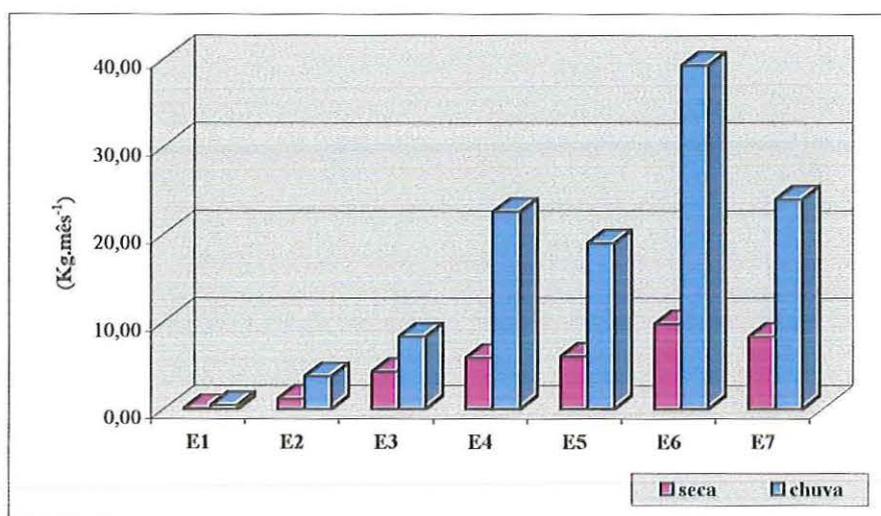


Figura 48 - Cargas de fósforo total (Kg. mês⁻¹) nas estações de coleta nos períodos de seca e chuva – Córrego do Cancã, município de São Carlos – S.P.

5.6.9 - Silicato Reativo

Os valores das cargas de silicato reativo, calculadas para os períodos de seca e de chuva estão apresentados na Figura 49. As maiores cargas foram registradas na estação 3 (3,43 Kg. mês⁻¹) no período de seca, e na estação 6 (6,66 Kg. mês⁻¹), no período chuvoso. Da estação 1 a estação 4, no período chuvoso, observa-se um aumento gradual das cargas, que diminuem nas estações 5 e 7.

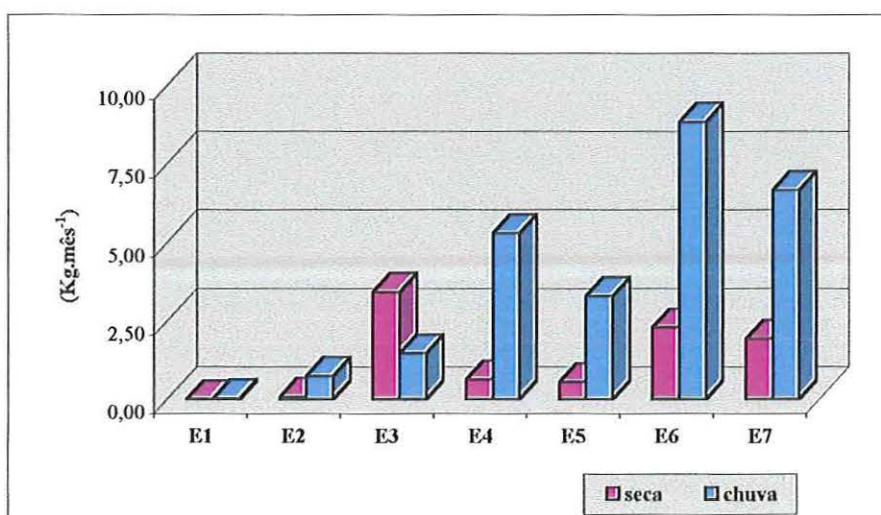


Figura 49 - Cargas de silicato reativo (Kg. mês⁻¹) nas estações de coleta nos períodos de seca e chuva – Córrego do Cancã, município de São Carlos – S.P.

Todos os valores de cargas para todos os nutrientes analisados estão apresentados nas tabelas contidas no Anexo-1.

5.7 – Variáveis biológicas

A composição de táxons das comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica foi obtida qualitativamente durante o período chuvoso. Os resultados referentes ao levantamento qualitativo estão apresentados, respectivamente, nas Tabelas 02 e 03.

5.7.1 - Análise da comunidade fitoplanctônica

As algas encontradas nas amostras dos diferentes pontos de coleta (Tabela 02) foram pouco abundantes, notando-se dominância, em relação a composição de espécies, da classe CHLOROPYCEAE. A maior riqueza de táxons foi encontrada principalmente nas estações localizadas na porção superior do córrego (nascente e estação 2). Os táxons mais abundantes foram *Mougeotia* e *Dinobryon*. No curso médio do Córrego do Cancã (estação 4 e estação 5), observa-se o mesmo padrão, embora com menor riqueza de táxons. Nas estações 6 e 7, próximas à confluência com o Rio Monjolinho, não foram encontrados representantes fitoplanctônicos nas amostras de água colhidas nos arrastos com rede, na superfície. As figuras 50 a 53 ilustram alguns dos organismos pertencentes à ficoflora do Córrego do Cancã

Tabela: 02 Táxons fitoplanctônicos em nível de gênero e espécie, registrados em diferentes pontos do Córrego do Cancã, em novembro de 2001.

TAXON	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
CHLOROPHYCEAE							
<i>Desmidium bayleii</i>	+	+					
<i>Dimorphococcus cordatus</i>	+	+			+		
<i>Micrasterias sp 1</i>	+	+					
<i>Micrasterias sp 2</i>	+						
<i>Micrasterias sp 3</i>	+						
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	+			+	+		
<i>Scenedesmus protuberans</i>				+	+		
<i>Monoraphidium sp</i>					+		
<i>Closterium sp1</i>	+						
<i>Closterium sp2</i>					+		
<i>Closterium sp3</i>			+		+		
<i>Coelomorum protuberans</i>	+		+				
<i>Coronastrum sp</i>	+	+					
<i>Euastrum sp</i>	+						
<i>Oedogonium sp</i>	+	+	+				
<i>Pediastrum tetras</i>	+	+					
<i>Microspora sp</i>	+						
<i>Eutetramorus fotti</i>	+						
<i>Teilingia sp</i>	+						
<i>Bulbochaete sp</i>	+						
<i>Sphaerocystis sp</i>		+					
DINOPHYCEAE							
<i>Peridinium sp</i>	+						
CRISOPHYCEAE							
<i>Dinobryum sertularia</i>	+	+			+		
<i>Mallomonas sp</i>					+		

Tabela: 02 – continuação

CYANOPHYCEAE							
<i>Calothrix sp</i>	+						
<i>Gleiterinema ambigua</i>		+					
<i>Gleiterinema splendida</i>				+	+		
<i>Gleiterinema sp</i>			+				
<i>Phormidium sp</i>	+						
DIATOMACEAE							
<i>Aulacoseira italica</i>				+	+	+	
<i>Synedra sp</i>	+	+	+	+			
<i>Eunotia sp</i>	+	+			+		
<i>Pinnularia sp</i>	+	+		+	+		
<i>Navicula sp</i>	+						
<i>Surirella sp</i>	+	+		+	+		
<i>Gomphonema sp</i>			+	+			
<i>Nitzschia sp</i>				+			
<i>Frustulia sp</i>		+					
EUGLENOPHYCEAE							
<i>Euglena sp</i>	+						
<i>Phacus sp</i>	+						

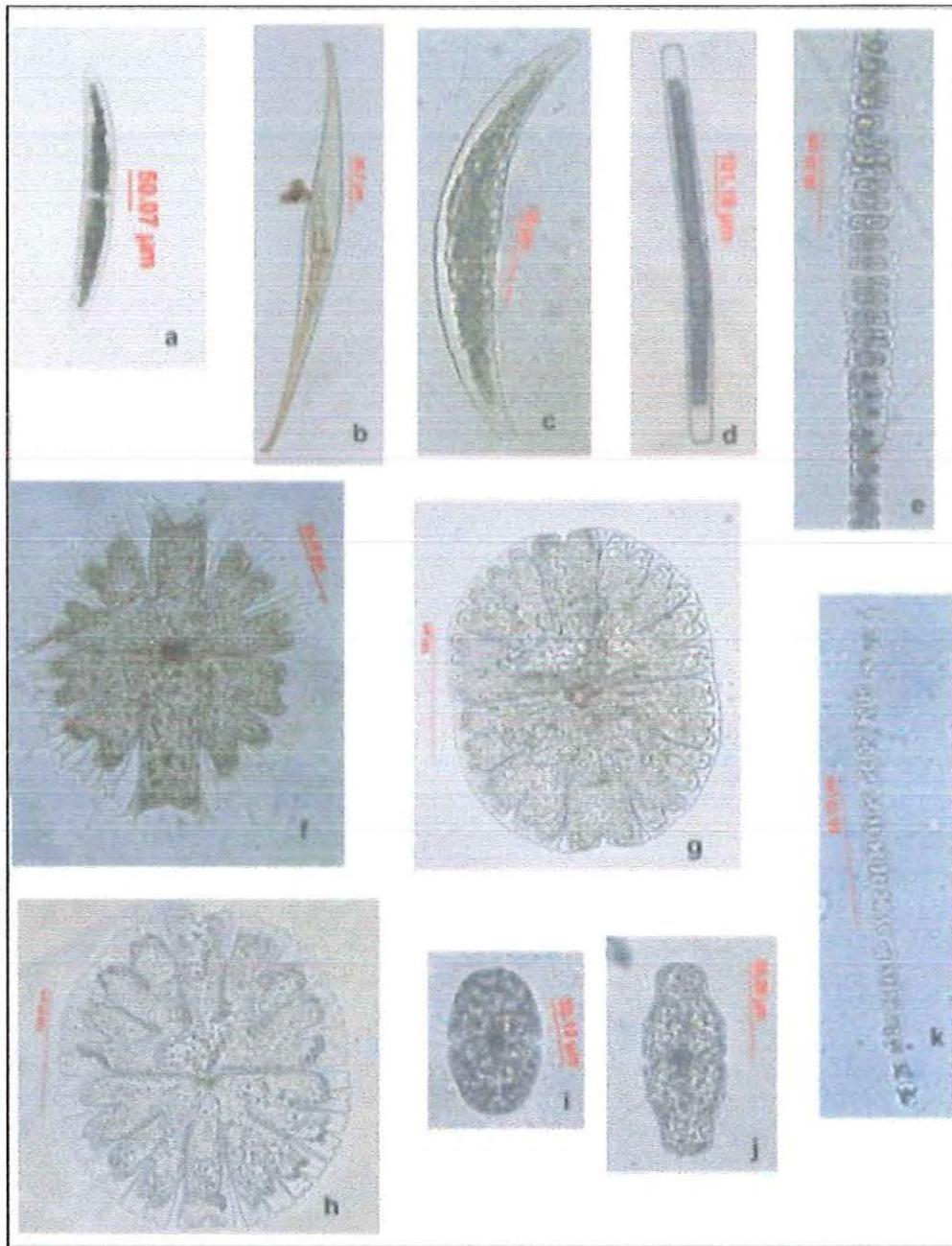


Figura 50 – Algas representativas do fitoplâncton do Córrego do Cancã na estação chuvosa. a- *Closterium sp1*, b- *Closterium sp2*, c - *Closterium sp3*; d- *Pleurotaenium sp.*; e- *Desmidium sp.*; f- *Micrasterias sp1*, g- *Micrasterias sp2* ; h- *Micrasterias sp3*; i- *Cosmarium sp1*; j- *Euastrum sp.*; k- *Teilingia sp.*

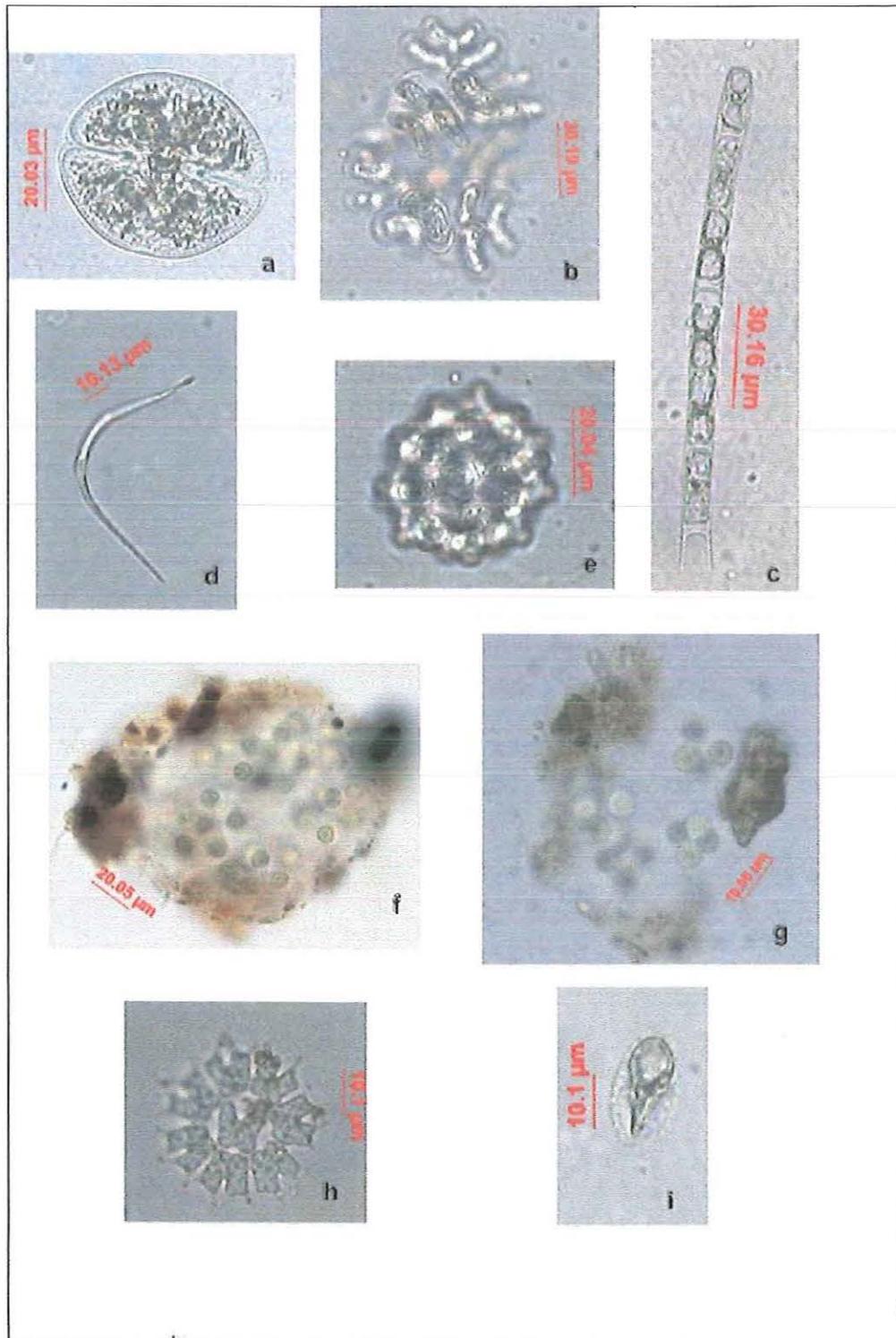


Figura 50 (continuação) - Algas representativas do fitoplâncton do Córrego do Cancã na estação chuvosa: a) *Cosmarium* sp.; b) *Dimorphococcus cordatans*; c) *Monoraphidium* sp. d) *Coelomorum protuberans*, e) *Microspora* sp.; f) *Sphaerocystis schoetaeri*; g) *Coronastrum* sp.; h) *Pediastrum tetras*; i) *Mallomonas* sp.

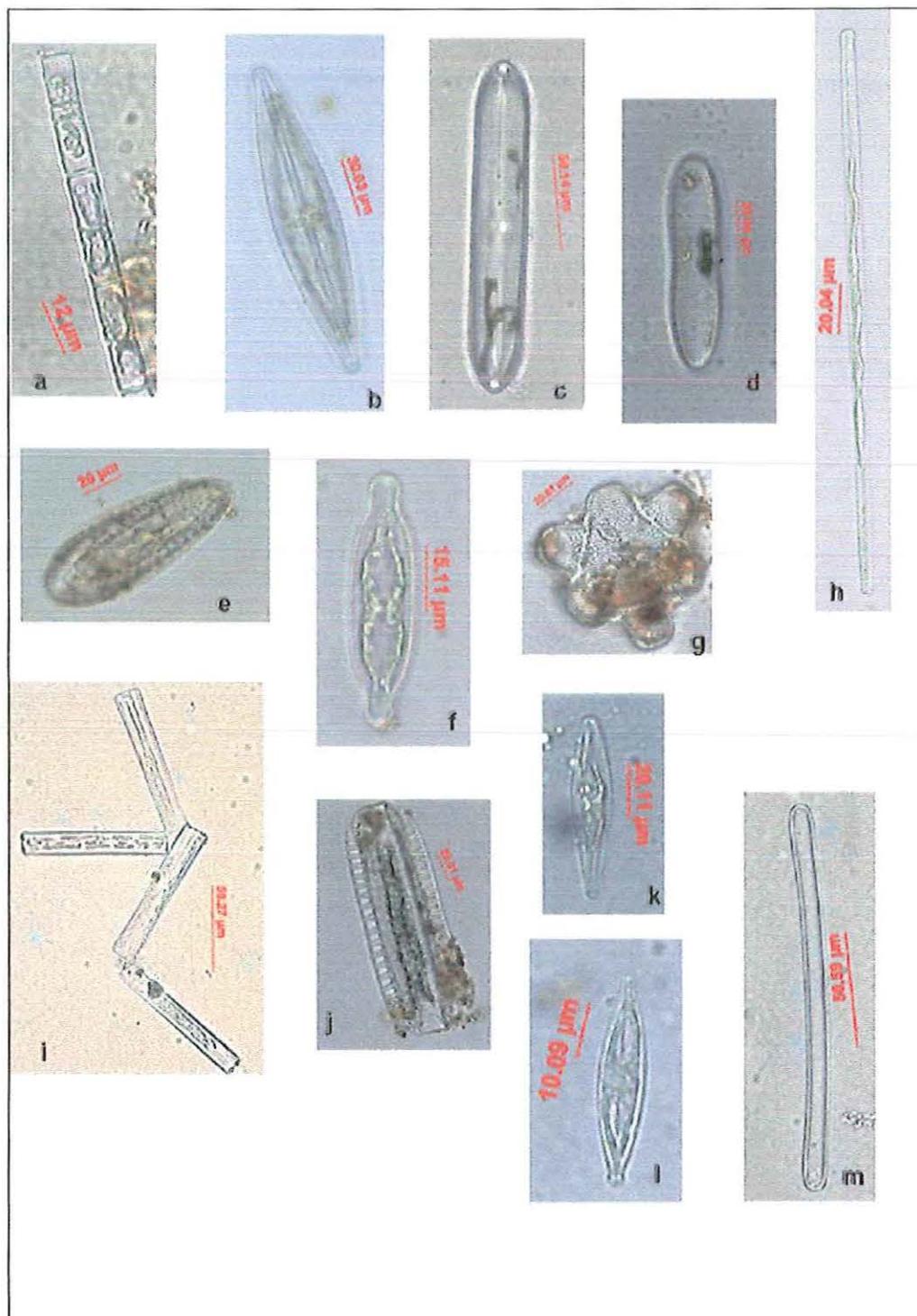


Figura 50 (continuação) - Algas representativas do fitoplâncton do Córrego do Cancã na estação chuvosa: a) *Aulacoseira itálica*; b) *Frustulia sp.*; c) *Pinullaria sp1.*; d) *Surirela sp.1*; e) *Surirela sp2.*; f) *Pinullaria sp2.*; g) *Hydrosera wanpoiense*; h) *Nitzschia sp.*; i) *Tabellaria sp.*; j) *Surirela*; k) *Gomphonema sp.*; l) *Pinullaria sp3*; m) *Eunotia sp.*

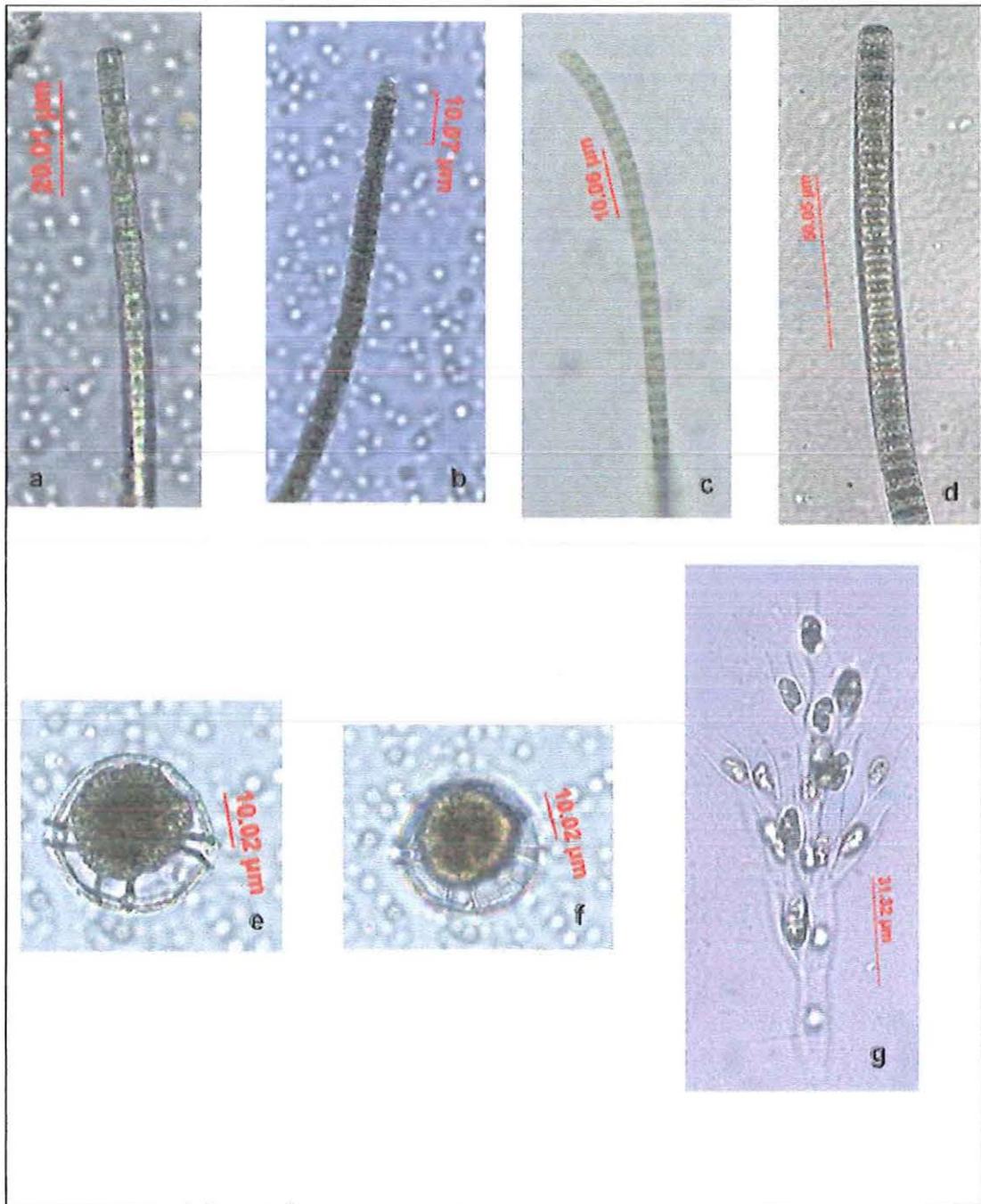


Figura 50 (continuação) - Algas representativas do fitoplâncton do Córrego do Cancã na estação chuvosa: a) *Phormidium sp1.*; b) *Phormidium sp2.*; c) *Gleiterinema amphybia*; d) *Phormidium sp.3*; e-f) *Peridinium sp.*; g) *Dinobryon sertularia*.

5.7.2 - Análise da comunidade zooplanctônica

Na análise da comunidade de invertebrados planctônicos presentes nas amostras dos diferentes pontos de coleta (Tabela 03), foram encontradas sete classes, sendo que as que apresentaram maior números de taxons as classes PROTOZOA e CLADOCERA.

Na estação 6 não foram encontrados representantes zooplanctônicos. Nas estações localizadas nos trechos iniciais do córrego (estação 1, 2 e 3) verificou-se maior abundância e maior riqueza de táxons, enquanto nos pontos do trecho inferior do rio muito poucos invertebrados estiveram presentes.

Tabela: 03 - Táxons de invertebrados, registrados em diferentes pontos do Córrego do Cancã em novembro de 2001.

TAXON	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
PROTOZOA							
<i>Spirostoma sp</i>	+						
<i>Stentor sp</i>	+						
<i>Arcella</i>			+				
<i>Lesquereusia</i>							
ROTIFERA							
<i>Keratella tropica</i>			+				
<i>Ptygura libera</i>			+				
<i>Lecane sp</i>							
Bdelloidea	+						
CNIDARIA							
<i>Hydra sp</i>							+
OLIGOCHAETA			+		+		

Tabela 03 – Continuação

HYDRACARINA					+		
COPEPODA							
<i>Tropocyclops sp</i>	+	+					
<i>Thermocyclops minutus</i>			+				
CLADOCERA							
<i>Bosmina hagdmani</i>		+					+
<i>Bosminopsis deitersi</i>							
<i>Ilyocryptus spinifer</i>	+						
<i>Alonella sp</i>	+						
DIPTERA							
Chironomidae							+
NEMATODA	+						

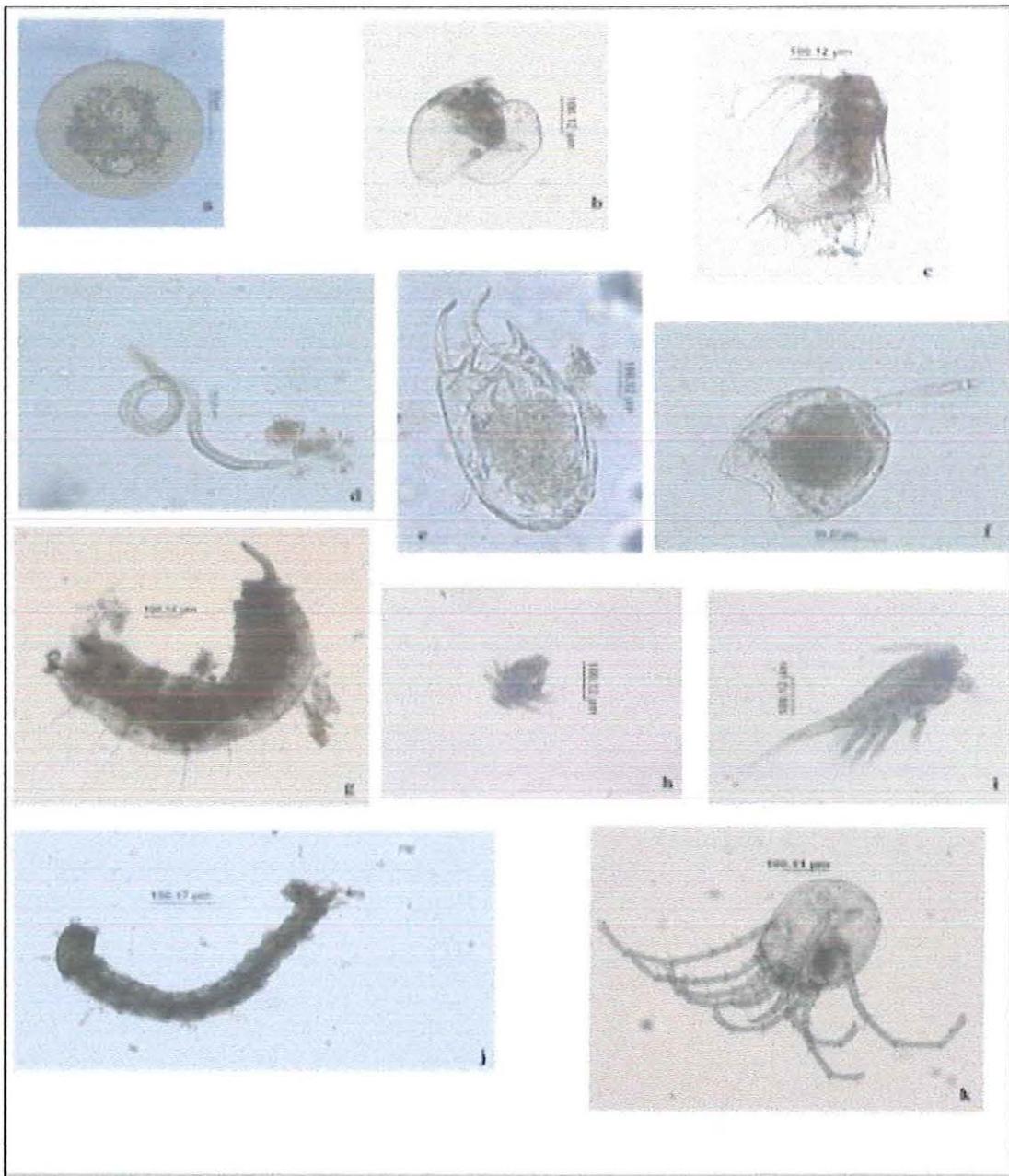


Figura 51 – Organismos representativos da comunidade de invertebrados de água doce registrados no Córrego do canã, São Carlos, em novembro de 2001. a) *Arcella* (Protozoa); b) Chydoridae (Cladocera); c) Ilyocryptidae (Cladocera); d) Nematoda; e) *Keratella* (Rotifera); f) *Lecane* (Rotifera); g) Oligochaeta; h) *nauplio* (Copepoda); i) Cyclopoida (Copepoda); j) Chironomidae (Diptera); k) Hydracarina (Arachnida).

5.8 – Índices de estado trófico

Após a obtenção dos valores das concentrações de fósforo total foram calculados os índices de estado trófico para cada estação de coleta. Os resultados estão apresentados na Tabela 04.

Tabela 04: Valores do Índice de Estado Trófico (IET) e classificação do estado trófico para cada ponto ou trecho do Córrego do Cancã, no período seco e chuvoso.

Ponto de coleta	IET	abril	IET	novembro
Estação 1	45,60	MESOTRÓFICO	49,93	MESOTRÓFICO
Estação 2	48,49	MESOTRÓFICO	39,78	OLIGOTRÓFICO
Estação 3	45,60	MESOTRÓFICO	46,62	MESOTRÓFICO
Estação 4	43,61	MESOTRÓFICO	45,06	MESOTRÓFICO
Estação 5	49,33	MESOTRÓFICO	45,86	MESOTRÓFICO
Estação 6	45,06	MESOTRÓFICO	50,13	MESOTRÓFICO
Estação 7	46,13	MESOTRÓFICO	45,60	MESOTRÓFICO

Observa-se que com exceção da estação 2, todos os demais pontos do Córrego do Cancã se enquadraram na classificação de águas mesotróficas.

6 – DISCUSSÃO

6.1 - Características morfológicas e hidrológicas da microbacia

Existe, segundo MARGALEF (1983), uma íntima relação entre a composição da água e o meio terrestre que constitui as microbacias. Já que os rios drenam os solos, o estado de conservação deste exerce grande influência na variação dos componentes da água. Em bacias de pequeno porte, as alterações antrópicas no ambiente terrestre causam efeitos imediatos nos sistemas lóticos (LAGE FILHO, 1996).

As águas correntes carregam todo tipo de material como formas de carbono dissolvido e matéria orgânica morta, o que incrementa o processo de oxidação ao longo do curso até sua foz. Os rios têm um poder depurador que foi definido como uma capacidade para “consumir” formas poluentes, característica que o homem indubitavelmente tem abusado ao longo de sua história (MARGALEF, 1994).

A bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema físico com uma entrada de água (“*input*”) caracterizada, sobretudo pela precipitação, e por uma saída (“*output*”), representada pelo escoamento superficial. Assim a bacia hidrográfica possui um papel bem definido como transformadora dos sistemas hídricos, (VILELLA, 1975).

Fatores climáticos, geomorfológicos e a atuação antrópica agem na variação da velocidade de escoamento de uma bacia hidrográfica, MAIER (1983) *apud* GALLI (1997). Segundo VANOTTE *et.al.* (1980), em sistemas fluviais que não tenham sofrido alterações antrópicas, existe uma tendência de declínio dos valores da velocidade de escoamento da nascente à foz, ao mesmo tempo em que se espera um aumento nos valores da vazão.

Tal diminuição pode ser explicada pela redução da declividade do terreno drenado, desde a zona de cabeceiras até a foz, onde é esperado o menor valor, enquanto que o aumento esperado para vazão é explicado pela soma dos volumes que são incorporados ao longo do curso pela entrada dos tributários.

No presente estudo a velocidade de escoamento e a vazão do Córrego do Cancã foram medidas em condições climáticas distintas, no início dos períodos de seca e de chuva. Os valores evidenciaram um aumento desde a zona da nascente (estação 1) até o curso médio, de acordo com o padrão naturalmente esperado, mas revelando que esta tendência foi interrompida por um represamento existente no trecho médio do córrego.

TUNDISI (1988) relaciona os impactos ocasionados pela construção de um reservatório d'água, ressaltando que a primeira alteração é a mudança do modelo energético e posteriormente as alterações do ciclo hidrológico. Assim a diminuição da velocidade de escoamento observada na estação localizada posteriormente ao reservatório, pode ser atribuída ao represamento.

GOLDMAN & HORNE (1983), relataram que a velocidade de escoamento superficial está estreitamente relacionada com um mosaico de variáveis, como a declividade da bacia, a formação geológica, o regime hidrológico, a interferência antrópica e a tipologia local do canal do rio. Logo no trecho inicial do Córrego do Cancã verificou-se um pequeno decréscimo do valor da velocidade de escoamento na estação chuvosa. Tal fato foi decorrente de alterações físicas neste segmento do córrego que devido às chuvas transformou-se em um grande charco inundando a área terrestre adjacente ao curso, transformando-se em um alagado. Este trecho da microbacia tem sofrido alterações de origem antrópica, com a eliminação total da mata ciliar. Uma das conseqüências da eliminação da mata ciliar, conforme as características físicas do sistema, é a transformação de um leito de córrego bem definido em área alagável. A formação de poças ou charcos onde previamente havia a mata galeria altera a área da seção, o que causando diminuições na velocidade de escoamento.

RIOS (1993) observou no Ribeirão do Feijão que os valores das velocidades de escoamento eram alterados ao longo do rio, diminuindo da nascente até o curso médio e aumentando posteriormente nos trechos finais. O autor relacionou o fato com as características morfométricas da microbacia, como a declividade e a forma. No Córrego do Cancã as velocidades de escoamento mostraram, ao contrário do esperado pelo conceito do *continuum* fluvial postulado por VANNOTE et. al. (1980), uma tendência de aumento da nascente à foz, sendo esta tendência interrompida em alguns trechos devido à ação antrópica.

Quanto aos aspectos geomorfológicos, a microbacia na qual está contido o Córrego do Cancã desenvolveu-se sobre a província de *cuestas* basálticas, gerando um terreno colinoso cuja declividade provoca um incremento desde os trechos mais altos (nascente) até a sua foz. GALLI (1997) registrou para os Córregos do Macuco e São José, também localizados no município de São Carlos, um aumento gradativo da velocidade de escoamento, associado aos fatores morfométricos, como a declividade do terreno colinoso que é drenado.

Segundo MARGALE (1983), isso ocorre porque os rios podem ser decompostos em segmentos rápidos e lentos. O autor ainda explica que freqüentemente nas regiões de *cuestas* existe alternância dos trechos com velocidades de escoamento rápido e lento, fato que pode ser melhor visualizado quando o canal se dilata para formar um remanso ou laguna. Este padrão foi observado no Córrego do Cancã, um córrego com um gradiente de declividade bastante acentuado.

TEIXEIRA (1993) observou que, temporalmente, os valores das velocidades de escoamento durante a seca, tiveram uma tendência de acréscimo nos trechos próximos à nascente, sendo que no período da chuva esta tendência foi observada nos trechos próximos à foz. No Córrego do Cancã a variação sazonal dos valores de velocidade de escoamento acompanhou as variações do volume de água precipitado nos dois períodos estudados, ou seja, na estação seca os valores foram

menores do que na estação chuvosa. Com relação aos valores das velocidades em cada estação, temporalmente, eles mantiveram a tendência, nos dois períodos, de aumento gradativo da nascente à foz, principalmente a partir do trecho médio onde foram registrados os valores mais altos.

Segundo VILELLA (1975), vários são os fatores que influenciam na variação das vazões ao longo do curso de um rio. Fatores geológicos, pluviométricos e outros como umidade do solo, temperatura do ar, topografia, tipo de vegetação presente, forma da bacia, direção e velocidade dos ventos, etc, são fatores que alteram, direta ou indiretamente, os valores das vazões de montante a jusante.

De acordo com PATORINO⁷ (1978) apud RIOS (1993), a principal fonte de abastecimento dos recursos hídricos no Brasil são as águas da chuva. As vazões calculadas para o córrego em estudo foram maiores no período de chuvas e menores no período seco em todos os pontos analisados, demonstrando a importância das chuvas como fonte abastecedora destes sistemas.

Segundo VANNOTE et. al (1980) espera-se que em cursos que não sofreram alterações antrópicas ocorra um aumento dos valores de vazões da nascente à foz. Especialmente a vazão está relacionada com as características morfométricas da bacia. RIOS (1993) que observou um aumento da vazão com o aumento da área da seção analisada nos córregos da bacia. Segundo GARCEZ (1967), a forma e a área da bacia influenciam na variação de vazão de uma seção transversal do canal de um rio, provocando aumento na descarga anual com o aumento da área da bacia. No presente estudo este aumento gradual das medidas de vazão da nascente até a foz foi observado e provavelmente este fato é devido à contribuição dos tributários do córrego. Na estação 5 as vazões calculadas diminuem nos dois períodos.

⁷ PATORINO, L. A. (1978). O Brasil e seus Recursos Hídricos. IN: LINSLEY, r. K. & FRANZIN, J. B. Engenharia de recursos hídricos. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, Ed. da Universidade de São Paulo, 798p.

No córrego em estudo a tendência de aumento gradual da vazão da nascente à foz, postulada no *continuum* fluvial por (VANNOTE et. al., 1980), foi observada apesar de uma descontinuidade existente em virtude de um represamento no trecho médio e da redução da vazão por razões ainda não determinadas no trecho final próximo à confluência do Córrego do Cancã com o rio Monjolinho, do qual o primeiro é afluente.

A caracterização morfométrica da microbacia do Córrego Cancã revelou que se trata de uma microbacia de forma irregular, ligeiramente alongada e pouco sujeita a picos de enchentes. Os estudos realizados por VILELLA (1975) na bacia do Ribeirão do Lobo, por GARCEZ (1967) na bacia do Rio Tamandateí e por NASCIMENTO (2000) no Córrego da Barrinha, evidenciaram que este é um padrão comum, visto que as bacias estudadas eram também irregulares e pouco sujeitas a enchentes. Os valores por eles encontrados referentes ao coeficiente de compacidade e ao fator de forma, respectivamente, foram: Ribeirão do Lobo – $K_c = 1,42$ e $K_f = 0,439$, Tamandateí – $K_c = 1,35$ e Córrego da Barrinha $K_c = 1,50$. O valor do coeficiente de compacidade para o Córrego do Cancã foi $K_c = 4,24$ e do fator de forma $K_f = 0,032$, demonstrando, comparativamente, que a microbacia é um pouco mais irregular, alongada e menos sujeita a enchentes.

6.2 - Características físicas e químicas da água

Segundo DRAGO (1984) o comportamento da temperatura dos corpos de água segue, normalmente, aquele da temperatura circundante. Mesmo em regiões tropicais a temperatura da água pode apresentar uma variação considerável devido a fatores regionais, como a sazonalidade climática. No córrego em estudo, as menores temperaturas registradas em abril (início da estação fria) e as temperaturas mais elevadas registradas em novembro (início da estação quente e úmida), enquadram-se no padrão climático regional, com diferenças sazonais médias superiores a 10°C entre os períodos de inverno e verão.



Segundo HYNES (1970) e MAITLAND (1978) e de acordo com o conceito de *Continuum Fluvial* VANNOTE et. al. (1980) a temperatura da água é menor nas cabeceiras, uma vez que estas são alimentadas por águas subterrâneas e na maioria das vezes, cobertas por densa vegetação terrestre. Por outro lado, comparando-se os córregos com os rios maiores, a heterogeneidade é maior em rios menores, onde o pequeno volume de água responde rapidamente às alterações da temperatura do meio circundante. No córrego em estudo este comportamento em relação à temperatura foi observado apenas na estação das chuvas, visto que no período da seca o maior valor da temperatura foi registrado na nascente.

A tendência de aquecimento da água de montante a jusante foi observada em vários rios e córregos da região de São Carlos, como MAIER (1983) no Rio Jacaré-Pepira; SÉ (1992) no Rio Monjolinho; RIOS (1993) no Ribeirão do Feijão; TEIXEIRA (1993) em um estudo de caracterização de sistemas lóticos; SANTOS (1993) nos córregos da Água Quente e da Água Fria; GALLI (1997) estudando os córregos do Macuco, Águas da Prata e São José e MARINELLI (2000) também no Rio Monjolinho. Apesar de se esperar esta tendência, dificilmente ela é verificada *in situ*. Para isso seriam necessárias medições simultâneas de temperatura nos vários trechos do sistema. Isso raramente é feito e na maioria das vezes o aumento de temperatura registrado é decorrente da variação diurna da temperatura, devido aos diferentes horários em que se realizam as coletas e a seqüência das medições, da nascente em direção à foz. Essa tendência foi verificada para o Córrego do Cancã, particularmente na coleta realizada no mês de novembro, onde puderam ser observadas temperaturas menores na nascente, e maiores nas estações finais, próximas à foz, decorrentes dos horários em que foram realizadas as coletas.

A coleta realizada em abril foi realizada em dois dias sempre nas primeiras horas da manhã, portanto, não se verificou a tendência de aumento da temperatura de montante a jusante e ainda observou-se que a maior temperatura foi registrada na nascente. Em abril foi observada ainda uma tendência de esfriamento

da água de montante a jusante, sendo que os menores valores foram observados nas estações finais de coleta.

Segundo SANTOS (1993), muitos membros das comunidades aquáticas são menos resistentes às flutuações estocásticas na temperatura e na qualidade da água, o que faz da análise destas variáveis ferramentas úteis e importantes nos estudos limnológicos.

A condutividade está diretamente relacionada com duas outras variáveis, a temperatura e a concentração iônica. Segundo PAYNE (1986), os rios tropicais possuem pequena concentração iônica sendo que a maior fonte de sais são as águas pluviais, as quais dissolvem sais do solo e as carregam para os corpos de água. Assim, o autor afirma que a concentração iônica é diretamente proporcional à condutividade. GIBBS (1970), também considera a chuva como o principal fator na composição química das águas tropicais, não só como agente direto, mas também indiretamente, como agente lixiviador dos solos. A condutividade das águas superficiais pode ser também bastante baixa, dependendo da concentração de solutos das águas pluviais e da resistência litológica da região ao intemperismo (PORTO, 1991).

Segundo LAFE FILHO (1996), a condutividade fornece informações sobre o metabolismo aquático, mostrando a íntima relação que existe entre as águas que drenam uma bacia hidrográfica com uma dada composição geológica e a entrada de material alóctone, podendo ainda indicar a presença de poluentes e o grau de eutrofização do sistema.

No Córrego do Cancã os valores de condutividade registrados em todas as estações de coleta e nos dois períodos estudados, indicam que estes podem ser considerados baixos e próximos àqueles registrados em outros córregos e ribeirões das cidades de São Carlos, Itirapina e Brotas, todas no estado de São Paulo, como pode ser observado na Tabela 04. A baixa condutividade pode estar relacionada ao solo distrófico que percolado pelas águas subterrâneas, contribui com baixas concentrações de íons.

Tabela - 04 : Quadro comparativo dos valores médios das variáveis especificadas para diferentes córregos e ribeirões da região de São Carlos – S.P.

Ribeirões e Córregos	pH	Cond. ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	O.D. (mg.L^{-1})	N Inorg. Total (mg.L^{-1})	N total (mg.L^{-1})	PDT ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	P total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Material Suspenso	Referência
C. Macuco (e1)	5,51	23,26	0,72	117,95	0,39	3,84	78,40	11,08	GALLI (1997)
C. Macuco (e2)	5,59	37,00	1,24	67,81	0,35	4,39	97,41	16,62	GALLI (1997)
C. Águas da Prata (e6)	5,09	7,51	6,56	80,27	0,13	6,01	115,54	3,26	GALLI (1997)
C. Águas da Prata (e7)	6,57	22,58	9,67	411,78	1,40	134,86	245,02	5,96	GALLI (1997)
C. São José	6,29	79,74	3,13	941,76	6,94	49,11	255,39	15,02	GALLI (1997)
C. Água Fria	5,89	13,20	7,59	112,29	2,35	9,19	304,15	90,00	SANTOS (1993)
C. Água Quente	6,57	85,90	6,60	2415,80	3,48	63,25	405,10	190,00	SANTOS (1993)
R. do Feijão	5,85	26,80	6,85	136,97	0,31	22,37	29,31	13,34	TEIXEIRA (1993)
C. São José	6,50	113,20	4,20	2009,76	3,92	132,44	271,9	40,64	TEIXEIRA (1993)
C. Laranja Azeda	6,10	33,80	7,06	300,35	0,58	16,44	35,01	24,72	TEIXEIRA (1993)
R. Monjolinho	5,80	25,50	6,52	395,79	0,51	12,03	24,83	13,80	TEIXEIRA (1993)

Tabela – 04: Continuação

Ribeirões e Córregos	pH	Cond. ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	O.D. (mg.L^{-1})	N Inorg. Total (mg.L^{-1})	N total (mg.L^{-1})	PDT ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	P total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Material Suspensao Total	Referência
R. do Lobo	5,70	15,60	7,10	56,30	ND	11,90	ND	ND	MATHEUS & TUNDISI (1988)
C. Água Branca	6,00	29,80	5,30	460,50	ND	60,30	ND	ND	MATHEUS & TUNDISI (1988)
C. Limoeiro	5,60	10,20	6,50	103,30	ND	12,60	ND	ND	MATHEUS & TUNDISI (1988)
C. do Geraldo	5,60	6,10	6,10	37,00	ND	6,70	ND	ND	MATHEUS & TUNDISI (1988)
C. das Perdizes	5,40	4,80	6,80	37,40	ND	6,20	ND	ND	MATHEUS & TUNDISI (1988)
C. São José	5,97	20,51	7,31	112,54	0,30	9,08	20,06	11,78	RIOS (1993)
C. Laranja	6,27	30,65	7,63	280,37	0,52	10,92	25,66	20,13	RIOS (1993)
Azeda									
R. Monjolinho	5,83	24,43	6,97	423,22	0,62	5,69	16,09	4,46	RIOS (1993)
C. do Cancã (abril)	5,59	48,00	6,90	128,54	0,25	6,28	18,68	7,48	Presente estudo
C. do Cancã (novembro)	5,74	51,00	6,20	68,01	0,14	9,81	18,81	6,70	Presente estudo

Temporalmente, os valores de condutividade no Córrego do Cancã foram maiores em abril e menores em novembro, o que pode estar relacionado ao fenômeno da diluição causada pelo aumento de volume da água do córrego na estação chuvosa, como ocorrido em novembro, onde se verificaram os menores valores. SANTOS (1993) observou que os valores de condutividade na estação das chuvas também foram menores nos córregos da Água Quente e da Água Fria, ambos no município de São Carlos, em condições geológicas e climáticas similares.

GREEN⁸ (1970) apud SANTOS (1993), reportou que as chuvas fortes do início da estação chuvosa provocavam um aumento marcante da condutividade do Rio Suiá - Missu, no Mato Grosso, contribuindo de duas formas: diretamente com o conteúdo iônico presente na água da chuva e como elemento lixiviador do solo da bacia carreando grandes concentrações de compostos iônicos para o interior da água do córrego. MAIER (1977), registrou o mesmo fato ao analisar o Rio Mogi-Guaçu também no estado de São Paulo. No caso do Córrego do Cancã, não foi observada esta tendência, provavelmente porque no período de seca ocorreu um aumento da concentração dos compostos iônicos, devido a grande redução da vazão.

Espacialmente observa-se que ocorreu uma maior variabilidade da condutividade média no trecho superior e que, por outro lado, existe uma tendência de estabilização dessa variável no trecho final do córrego.

No trecho onde se localizava a estação 2, situada no Sítio Santa Elvira, havia aporte de matéria orgânica e outros detritos provenientes da criação de suínos, e do processo de separação manual de lixo realizada no sítio. Os valores médios de condutividade registrados nessa estação no período de coleta em novembro, início da estação chuvosa, demonstraram um aumento acentuado dessa variável provavelmente devido à contribuição de íons provenientes da entrada de matéria orgânica e de outros resíduos sólidos alóctones.

⁸ GREEN, J. (1970). Freshwater ecology in the Mato Grosso, Central Brasil I. The conductivity of some natural waters. *J. Nat. Hist* (4): 289-299p.

GALLI (1997), registrou para os córregos Macuco, Águas da Prata e São José, no município de São Carlos, valores mais elevados de condutividade nos pontos que recebem resíduos oriundos das atividades agrícolas e pecuárias realizadas naquela área. SANTOS (1993) reportou também que as áreas menos perturbadas pelas atividades humanas foram aquelas onde os menores valores de condutividade foram registrados para os córregos da Água Quente e da Água Fria. SOUZA & TUNDISI (2000) verificaram que o Rio Jacaré-Guaçu era pouco impactado e com substrato geologicamente pobre, apresentando uma relativa uniformidade no conteúdo iônico ao longo do curso, enquanto que em rios mais impactados como o Rio Jaú, também analisado pelos autores, se observou uma variabilidade espacial mais expressiva.

Segundo ODUM (1988), o pH é um importante indicador dos aspectos metabólicos de um sistema, sendo que em meios com pH ácido nota-se baixa produtividade primária e baixa concentração de nutrientes.

MAIER (1983) relata que as águas dos rios brasileiras têm a tendência a pH variando de ácidos a neutros. O córrego do Cancã seguiu tal tendência com valores de pH mais baixos, o que caracteriza suas águas como levemente ácidas.

Segundo LORANDI⁹ (1985) apud RIOS (1993), o caráter ácido dos córregos da região de São Carlos deve-se ao fato destes drenarem solos ácidos que segundo o autor, possuem ainda reduzido conteúdo orgânico e uma grande deficiência com relação à maioria dos elementos necessários às plantas. GALLI (1997) verificou nos córregos do Macuco, Águas da Prata e São José, que as águas destes córregos eram levemente ácidas, relacionadas também à qualidade do solo drenado na região.

⁹ LORANDI, R. (1985). Caracterização dos solos das áreas urbanas e suburbanas de São Carlos e suas implantações. Piracicaba-S.P. Tese (doutorado) ESALQ Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. 181p.

SANTOS (1993), estudando os córregos da Água Fria e da Água Quente, verificou que os valores médios de pH nas estações estudadas foram relativamente baixos e relacionou tais valores ao fato de que rios pequenos que drenam pequenas bacias não são bem tamponados, o que implica em oscilações amplas nos valores de pH.

FILHO (1998), estudando o Ribeirão do Feijão durante dois regimes hidrológicos distintos (chuva e seca), classificou as águas do ribeirão como ligeiramente ácidas posicionando o ribeirão como rio de classe-2, segundo resolução 20 do CONAMA/1986, Tabela 05.

Tabela: 05 - Comparação entre os parâmetros obtidos para o Córrego do Cancã e parâmetros estabelecidos segundo a Resolução nº 20 de 1986 pelo CONAMA.

Parâmetro	Estação Climática	Córrego do Cancã	CONAMA	Enquadramento
pH	Seca	5,59	6,0 < 9,0	Classe-2
	Chuvosa	5,74		
O.D. (mg.L ⁻¹)	Seca	6,90	= ou > 4,0	Classe-2
	Chuvosa	6,20		
S.S.T (mg.L ⁻¹)	Seca	7,48	< 500	Classe-2
	Chuvosa	6,70		
Fosfato Total (mg.L ⁻¹)	Seca	0,0062	< 0,025	Classe-2
	Chuvosa	0,0098		

Tabela 05: Continuação

Nitrito (mg.L⁻¹)	Seca	0,001	< 1,0	Classe-2
	Chuvosa	0,0008		
Nitrato (mg.L⁻¹)	Seca	0,085	< 10,0	Classe-2
	Chuvosa	0,034		

- O.D. – Oxigênio Dissolvido;
- S.S.T. – Sólidos Suspensos Totais;

No Córrego do Cancã os valores médios registrados para o pH, nos dois períodos de estudo, são ligeiramente menores do que a maioria dos córregos e ribeirões da região de São Carlos (Tabela: 04). Com valores médios de pH de 5,58 e 5,74 obtidos nos períodos de seca e de chuva respectivamente, o Córrego do Cancã também pode ser classificado, segundo Resolução nº 20 CONAMA/86, como um rio de classe-2 (pH de 6,0 a 9,0), Tabela: 05.

RIOS (1993) e SANTOS (1993) registraram uma variabilidade temporal observando que os valores de pH foram menores durante a estação seca. No córrego em estudo observa-se uma pequena variabilidade temporal, sendo que de uma maneira geral, com exceção das últimas estações, os valores são também menores na estação seca.

No córrego do Cancã, observa-se uma tendência de aumento do pH de montante a jusante. A variação espacial dos valores de pH pode estar relacionada tanto com pequenas diferenças na quantidade e na qualidade dos solos drenados, como na diversidade e na intensidade de ocupação da bacia. Espacialmente, portanto, no córrego em estudo se observa um gradiente da nascente à foz, com tendência à neutralidade, de montante a jusante, fato também observado no rio Monjolinho por MARINELLI et. al. (2000).

Os valores de pH na nascente foram menores, principalmente na estação seca, fenômeno também observado por SÉ (1992); TEIXEIRA (1993); SANTOS (1993) e PERES (2002) que atribuíram o menor valor de pH nas nascentes à entrada de material alóctone oriundo da vegetação ciliar presente no local, ocasionando intensa decomposição e conseqüente depleção do conteúdo de oxigênio dissolvido consumido nas reações oxidativas. Provavelmente foi também a contribuição alóctone da vegetação ripária, predominantemente arbóreo-arbustiva, presente na nascente do córrego em estudo, o fator responsável pelos baixos valores registrados.

No trecho inferior do córrego os valores de pH registrados foram mais elevados, chegando próximos à neutralidade. SÉ (1992) analisando o ponto de confluência do Córrego do Cancã com o Rio Monjolinho observou que nas águas deste último ocorria elevação desta variável.

Segundo HYNES (1970); MARGALEF (1983) e WETZEL (1983), a solubilidade do oxigênio aumenta com o decréscimo da temperatura e, portanto, a concentração desse gás está intimamente ligada com a variação da temperatura da água e da pressão atmosférica.

No córrego em estudo, foram registrados os menores valores de oxigênio dissolvido em todas as estações, na estação chuvosa, talvez porque neste período a temperatura circundante tenha sido maior do que aquela registrada na estação seca, fato que poderia ter contribuído para a menor dissolução do gás na água, além de aumentar o metabolismo do sistema contribuindo para maior consumo de oxigênio dissolvido. SANTOS (1993) observou também que as concentrações de oxigênio dissolvido nas águas dos Córregos da Água Quente e da Água Fria durante a estação chuvosa foram menores. RIOS (1993) verificou uma variação sazonal registrando na estação quente concentrações menores do que na estação fria, atribuindo também o fato à menor solubilidade do gás na água. Nos dois períodos,

contudo nota-se uma tendência de aumento na concentração desse gás de montante à jusante.

O teor de oxigênio dissolvido varia de um curso d'água a outro bem como ao longo do próprio curso, devido às alterações em suas características e como consequência das alterações climáticas (MATHEUS & TUNDISI, 1988). Além disso, segundo estes últimos autores, a concentração de oxigênio, ainda pode sofrer outros tipos de influência como a da constituição da bacia, que influencia na erosão marginal, aumentando o fluxo de substâncias oxidáveis para o interior dos rios bem como o uso e a ocupação do vale ao longo do rio, responsáveis pelo aumento do teor de efluentes domésticos, industriais e agrícolas, que também contribuem para a depleção do teor de oxigênio dissolvido na água. De um modo geral, observa-se que em pontos pouco afetados pelo homem a concentração de oxigênio é maior e que a entrada de matéria orgânica originária de esgotos domésticos ou de dejetos animais ocasionam a depleção da concentração de oxigênio através do processo de oxidação, na decomposição desses compostos (RIOS, 1993; SANTOS, 1993 e GALLI, 1997).

Na nascente do Córrego do Cancã foram registradas as menores concentrações de oxigênio dissolvido, nos dois períodos analisados, provavelmente devido ao fato do local receber detritos orgânicos oxidáveis oriundos da mata ciliar presente. Com relação à temperatura da água, este pode ter sido outro fator ambiental responsável pela depleção de oxigênio do local. No sentido montante-jusante foi observado um aumento gradual das concentrações deste gás, sendo os maiores valores registrados nas estações finais do córrego, provavelmente devido ao aumento da turbulência do fluxo, fato também observado por PERES (2002). SÉ (1992) relatou que no encontro das águas do Rio Monjolinho com o Córrego do Cancã ocorreu aumento da concentração de oxigênio dissolvido no primeiro, devido ao recebimento de águas mais oxigenadas daquele tributário.

Em uma visão popular, devido à agitação em consequência do fluxo, acredita-se que as águas dos rios sejam ambientes particularmente ricos em oxigênio, porém a situação real é que a mesma agitação de fluxo que acelera a difusão do gás

do ar para a água, impede sua supersaturação. Então a condição comum às águas lóaticas é a de déficit de saturação de oxigênio (MARGALEF, 1983).

Quanto às concentrações de oxigênio dissolvido, o Córrego do Cancã, pode ser classificado, segundo Resolução nº 20 CONAMA/86, como um rio de classe-2 (não inferior a 4 mg.L⁻¹ de O₂ em qualquer amostra) como apresentado na Tabela 05.

Os valores das concentrações de oxigênio dissolvido, comparados aos valores registrados para os córregos da região de São Carlos, podem ser analisados na Tabela 04. No córrego em estudo os valores registrados foram similares àqueles encontrados por MATHEUS & TUNDISI (1988); RIOS (1993); TEXEIRA (1993). Segundo GALLI (1997), os trechos onde ocorre maior aporte de material alóctone são aqueles onde foram observados as menores concentrações de oxigênio, assim o autor encontrou para o Córrego São José valores similares aos encontrados na nascente do Córrego do Cancã.

Segundo SCHOSSER & KARR (1981) e CHRISTOFOLETTI¹⁰ (1981) *apud* RIOS (1993), a carga detritica nos cursos d'água pode ser obtida de duas formas: pela ação erosiva que as águas dos rios exercem no fundo e nas margens como também e principalmente, pela remoção de materiais da bacia de drenagem. Em córregos e rios a turbulência geralmente é suficiente para suspender e deixar suspensas partículas pesadas ou leves. Segundo WARD (1994), sólidos suspensos em sistemas fluviais podem resultar tanto da remoção de material sólido na bacia de drenagem como da entrada de material através de efluentes no curso d'água, sendo que a ação abrasiva das partículas suspensas resulta em erosão adicional.

MINSHALL et. al. (1983), atribuíram a variabilidade temporal da concentração de sólidos suspensos a outras variáveis como ao poder de transporte dos materiais particulados nos períodos das cheias e das vazantes, a dinâmica de

¹⁰ CHRISTOFOLETTI, A. (1981). *Geomorfologia Fluvial*. Edgard Blücher. S.P. 313p.

produção de detritos da mata ciliar e a formação de pequenas represas de detritos no leito do rio, comuns em áreas florestadas de nascente.

No córrego em estudo, durante as duas coletas realizadas, os menores valores de sólidos suspensos foram registrados na nascente. Segundo SÉ (1992) as nascentes de rios e riachos da região, apresentam baixas concentrações de material sólido (dissolvido e particulado) devido à estreita relação com o solo drenado pobre em bases trocáveis, tal fato pode estar relacionado também com a presença de uma cobertura vegetal mais densa nessa estação que atuando como um filtro, retém boa parte do material sólido presente nos solos drenados.

Nas estações 4 e 5 (trechos do curso médio) foram registrados os maiores valores de sólidos suspensos na coleta realizada na estação chuvosa, enquanto nas outras estações os valores foram maiores na coleta realizada na estação seca. Embora o período em que ocorreu a maior concentração de sólidos suspensos tenha sido o período de seca, o fato pode ser explicado por se tratar de um período imediatamente posterior à estação chuvosa (de outubro a março), o que talvez tenha contribuído com maior acúmulo de material sólido lixiviado do solo da bacia.

O maior valor de sólidos suspensos totais foi registrado no trecho superior (estação 2) na coleta realizada no período seco, inclusive com concentrações elevadas de sólidos suspensos orgânicos e inorgânicos neste período. Isto talvez esteja relacionado com o material sólido que o córrego recebe nesse ponto, através da contribuição das atividades do Sítio Santa Elvira, local onde ocorrem atividades pecuárias e separação manual de resíduos sólidos para reciclagem.

Quando os valores são comparados com outros córregos e rios da região de São Carlos (Tabela: 04), nota-se que eles podem ser considerados similares aos valores verificados para os córregos São José, Laranja Azeda e ao Rio Monjolinho, todos estudados por RIOS (1993). Com relação à classificação do Córrego do Cancã com base na concentração de sólidos suspensos, segundo a

Resolução nº 003 CONAMA/86, esse córrego pode ser classificado como um rio de classe-2 uma vez que as concentrações estão abaixo de 500 mg. L⁻¹ (Tabela 05).

Os nutrientes mais necessários ao crescimento vegetal são o nitrato, o fosfato e o potássio. Destes nutrientes, o fósforo e o nitrogênio são macronutrientes, e fatores limitantes à produtividade primária na maioria dos corpos d'água.

O nitrogênio ocorre na forma de sais amônio, nitrato e nitrito, na forma orgânica dissolvida e particulada e ainda na forma de nitrogênio molecular dissolvido. O nitrato, forma salina completamente oxidada, é a forma utilizada pelos vegetais e também a mais abundante no ambiente aquático, (WETZEL, 1983). Segundo HUTCHINSON (1944) apud WETZEL (op. cit.) em águas não poluídas muito do nitrogênio combinado ocorre na forma de amônio, sendo que grande parte desse sal resulta do intenso processo de decomposição da matéria orgânica oriunda do ambiente terrestre adjacente.

As águas continentais ocupam uma posição especial na regulação do ciclo do nitrogênio na biosfera (MARGALEF, 1983). Durante os transportes de matéria orgânica pelos rios até os oceanos, o processo de desnitrificação é bastante importante, visto que pelo sistema circulam cerca de 5% ou mais de nitrogênio atmosférico, enquanto que nos ecossistemas terrestres circulam apenas 2% desse nutriente na forma gasosa, o que justifica a relevância ocupada pelos ecossistemas aquáticos no ciclo deste nutriente.

A composição da águas de um rio reflete em maior grau, do que nos lagos, as condições físicas, químicas e biológicas do entorno como, por exemplo, a natureza das rochas e o grau de maturidade dos solos (MARGALEF op. cit.). Segundo LAGE FILHO (1996) a interação entre as chuvas, as rochas, os solos e a vegetação exerce uma forte influência sobre os microconstituintes da água, principalmente os micronutrientes e ainda segundo ALLAN (1995), em pequenos rios ou córregos as concentrações de nitrato, fosfato, nitrogênio e fósforo totais

apresentam íntima relação com o uso da terra e com a geologia e o tipo de solo drenado.

O nitrogênio pode entrar em um corpo d'água de várias formas. Segundo HYNES (1970) as fontes de nitrogênio são dominadas pelos níveis de nitrato e amônia da chuva, pela capacidade de fixação e desnitrificação biológicas, bem como pelo fogo, a erosão natural e ainda pela quantidade de nitrogênio reciclado pela vegetação periférica ou contido na camada húmica.

HUTCHINSON (1944) apud WETZEL (1983) e MARGALEF (1983) relatam como fonte de nitrogênio a precipitação seca, em forma de poeira, que segundo os autores, contribui como entradas de nitrogênio com cerca de três a quatro vezes mais que a precipitação na forma de chuva. Esta contribuição tem sido alterada pela ação do homem no equilíbrio atmosférico devido às constantes e excessivas emissões de óxidos de nitrogênio através da queima de combustíveis fósseis, nos processos de urbanização e industrialização.

O nitrato, juntamente com o íon amônio, assumem grande importância no metabolismo dos ecossistemas aquáticos uma vez que representam uma das principais fontes de nitrogênio para os produtores primários (ESTEVEES, 1988). Com relação à abundância do nitrato no ambiente aquático, foi possível verificar no presente estudo que esta foi a forma nitrogenada mais abundante nas águas do Córrego do Cancã, seguida pelo amônio. GALLI (1997) não verificou tal situação para os córregos Águas da Prata, Macuco e São José, já que a maior fração do nitrogênio nestes córregos, estava na forma de amônio.

Em todos os trechos do Córrego Cancã, durante a estação seca, foram registradas concentrações de nitrato maiores do que as registradas no período chuvoso. Na porção superior (estação 2) observou-se que nos dois períodos analisados as concentrações de nitrato foram maiores que nas demais estações. Isto pode ser atribuído ao fato de existirem, neste ponto, práticas pecuárias que geram grandes quantidades de detritos animais lançados diretamente no córrego ou

lixiviados dos solos adjacentes ao curso. GALLI (op. cit.) observou também que as maiores concentrações de nitrato nos córregos do Macuco, Águas da Prata e São José eram decorrentes da entrada de matéria orgânica, oriunda de descargas diretas de esgoto doméstico, ou da entrada de dejetos animais, provenientes também de atividades pecuárias. SANTOS (1993) observou que nos córregos Água Quente e Água Fria, os locais com maiores concentrações de nitrato correspondiam aos pontos onde havia maior influência humana. O mesmo fato foi observado por RIOS (1993) para o Córrego São José.

Verificou-se pouca variação sazonal e espacial para as concentrações de amônio no córrego em estudo, exceto na porção inferior (estação 5) onde foi registrada a maior concentração desta forma nitrogenada, nas medidas realizadas na estação seca. Neste trecho do córrego foi observada a presença de mata ciliar em uma de suas margens enquanto que a outra exibe um mosaico de fragmentos de mata ciliar e cana-de-açúcar. As concentrações mais elevadas podem ser decorrentes de ambos, da decomposição mais intensa de materiais oriundos da mata ciliar ou do aporte de fertilizantes químicos aplicados na plantação da cana de açúcar.

Segundo GOLDMAN & HORNE (1983), as concentrações de nitrito são geralmente baixas nos corpos d'água como um todo. Assim, concentrações elevadas desse nutriente são indicadoras de águas poluídas. No córrego em estudo as concentrações registradas para esta forma nitrogenada foram as mais baixas, comparadas a outros córregos da região. Os valores permaneceram mais ou menos constantes até o trecho médio (estação 4), sendo observado, após este ponto, um aumento gradativo das concentrações de nitrito até a última estação de coleta. Em relação às baixas concentrações de nitrito registradas no córrego em estudo, um padrão similar foi registrado por GALLI (1997) a qual também observou que em áreas não muito afetadas pela atividade humana as concentrações, principalmente de nitrito, tendem a ser baixas e relativamente constantes.

A relação entre as concentrações de nitrito e o íon amônio é variável. Em áreas onde as fontes desses nutrientes são naturais, a relação é de 1:1; onde há interferência humana considerada leve ou moderada, por adição de despejos domésticos ou agrícolas nitrogenados, essa relação passa para 1:10 (WETZEL, 1983).

A concentração de nitrogênio inorgânico total no Córrego do Cancã em abril, período de seca (128,01 mg.L⁻¹), foi próxima ao valor encontrado por GALLI (1997) no córrego do Macuco; por TEIXEIRA (1993) no Ribeirão do Feijão; por SANTOS (1993) no córrego da Água Fria e por RIOS (1993), no córrego São José (Tabela 12 Anexo-1), sendo possivelmente uma característica regional, determinada principalmente pela constituição geológica.

Em novembro, estação chuvosa, a concentração média de nitrogênio inorgânico total foi menor (68,01 mg.L⁻¹) sendo registrados valores próximos no córrego do Macuco e no córrego Águas da Prata, ambos analisados por GALLI (op. cit.) e no Ribeirão do Lobo, estudado por MATHEUS & TUNDISI (1988).

Segundo MARGALEF (1983) e WETZEL (1983), a precipitação contribui de duas formas na entrada de nitrogênio: com nitrato e amônio dissolvidos na água da chuva, o que representa uma entrada direta no corpo d'água e ainda como elemento lixiviador do solo que compõe a bacia de drenagem, que representa uma entrada indireta de nitrogênio.

Temporalmente, o nitrogênio total variou segundo as características hidrológicas e as influências humanas. Durante a estação de seca, os valores registrados em todos os trechos do Córrego do Cancã, com exceção da estação 1, foram maiores do que aqueles registrados para o período chuvoso. GALLI op. cit., SANTOS (op. cit.) e RIOS (op. cit.) também observaram que as concentrações de nitrogênio total na estação chuvosa foram menores.

O fato pode estar relacionado ao fenômeno de diluição ocasionado pelo aumento do volume de precipitação durante o período da coleta. SANTOS (1993) e GALLI (1997) referem-se ao fato salientando que alguns componentes dissolvidos são mais diluídos com altas vazões enquanto outros se tornam mais elevados devido à lavagem do solo pelas águas das chuvas.

Espacialmente, na estação 1, foram registradas as menores concentrações de nitrogênio total. A nascente possui densa vegetação que atua como um filtro, reduzindo a produção autóctone pelo sombreamento e alóctone pela retenção de nutrientes drenados do solo adjacente, ocasionando baixo conteúdo de compostos nitrogenados.

O fósforo é um nutriente complexo, pois ele ocorre como ortofosfato iônico simples, porção que é rapidamente assimilada pelas plantas, e na forma de fosfato solúvel e particulado, forma constantemente liberada pela atividade bacteriana. Desta forma, em águas turbulentas, a fertilidade do sistema é medida pela concentração de fosfato total (RIOS, 1993).

A precipitação representa uma entrada de fósforo que atua de duas formas: diretamente como entrada de fósforo dissolvido na água da chuva e indiretamente pela lavagem do solo devido à erosão, como pelo processo de contaminação urbana e industrial atmosférica. Em geral a contribuição de fósforo pela chuva é menor que a contribuição de nitrogênio. Em áreas agrícolas altamente fertilizadas aumenta o aporte de fósforo através da água da chuva, o qual torna-se maior devido à lavagem do solo da bacia (WETZEL, 1983).

O conteúdo de fósforo total no córrego do Cancã teve pouca variação sazonal, observando-se uma pequena diferença nos valores médios entre as duas coletas. Os valores médios estão próximos aos valores registrados por RIOS (op. cit.) no Rio Monjolinho e no Córrego São José e por TEIXEIRA (1993), também para o Rio Monjolinho (Tabela 04).

A fertilidade da água no córrego em estudo foi calculada através do Índice de Estado Trófico, segundo o método descrito por SALAS & MARTINO (1986), que estabeleceu estados tróficos para cada estação de coleta utilizando a concentração de fósforo total nos pontos analisados. Todas as estações foram classificadas como mesotróficas, com exceção da estação 2, em novembro que ficou classificada como oligotrófica, embora o valor do índice (39,78) seja muito próximo do limite para o estado mesotrófico.

Com relação ao fosfato total, as maiores concentrações foram registradas em novembro, no início da estação chuvosa, em todas as estações de coleta. As médias calculadas para a concentração deste nutriente nos dois períodos foram de 6,2 $\mu\text{g. L}^{-1}$ na estação seca e de 9,8 6,2 $\mu\text{g. L}^{-1}$, na estação chuvosa, enquadrando as águas do Córrego do Cancã, segundo este parâmetro, como um rio de classe-2 (Tabela 05).

Segundo ALLAN (1995), córregos que drenam terras agrícolas têm concentrações mais altas de nutrientes do que os que drenam terras florestadas. As concentrações são diretamente proporcionais às áreas cultivadas e inversamente proporcionais ao percentual de áreas florestadas.

ODUM (1988) relata em estudos realizados com bacias hidrográficas que as perdas de nutrientes em bacias não perturbadas são pequenas e, geralmente, repostas pela chuva e pelo intemperismo. À medida que as bacias hidrográficas tornam-se mais “domesticadas”, isto é, à medida que aumenta a percentagem de solo sob o uso agrícola ou urbano, observa-se um aumento repentino nas concentrações de alguns nutrientes como o nitrogênio e o fósforo.

Apesar da microbacia do Córrego do Cancã ter um grande percentual de terras ocupadas pela atividade agrícola, principalmente pelo cultivo da cana-de-açúcar, não foram registradas altas concentrações de nutrientes. Este fato também foi verificado por GALLI (1997) nos córregos do Macuco, Águas da Prata e São José.

Para LIKENS & BORMANN (1974), a geologia pode ter uma influência maior na concentração de nutrientes, mais do que o uso da terra, em águas não poluídas.

Na análise da carga de nutrientes do Córrego do Cancã, quantificadas para os períodos de seca e de chuva, observou-se que de uma maneira geral, elas foram mais elevadas no período chuvoso, principalmente da estação 4 (médio curso) até os trechos finais do córrego (estações 5, 6 e 7). É importante ressaltar, contudo, que este padrão sazonal pode ser muito mais dependente das elevadas vazões registradas no período chuvoso do que das concentrações dos nutrientes analisados.

Com relação à variabilidade espacial, de um modo geral, todas as cargas de compostos nitrogenados analisados neste estudo (nitrogênio total, amônio, nitrito e nitrato) foram maiores a partir do curso médio até a estação final próxima à foz.

Com relação às cargas de amônio, notou-se um padrão distinto daquele observado para as cargas dos outros compostos nitrogenados analisados. Observa-se que existe uma tendência de aumento da nascente (estação 1) até a estação 5 (médio curso) diminuindo nas estações finais (6 e 7) próximas à foz. Este padrão foi observado tanto na estação de seca quanto na estação chuvosa.

A estação 5 apresentou as maiores cargas de amônio no dois períodos estudados. Neste ponto verificou-se a presença de fragmentos de mata ciliar mesclados a culturas de cana-de-açúcar e espécies de plantas típicas de pastagens, que promovem ali um grau de sombreamento e que pode ter contribuído com material orgânico alóctone. NASCIMENTO (2000) verificou, estudando o Córrego da Barrinha em Pirassununga, que pontos localizados no interior de matas ciliares e próximos à áreas agrícolas, apresentaram cargas maiores de alguns nutrientes, dentre eles o amônio. Outro comportamento comum aos dois córregos, também observado

pela autora (NASCIMENTO, op. cit.), foi que os menores valores das cargas de nutrientes ocorrem durante o período de seca.

As cargas de nitrogênio total, nitrato e nitrito também foram maiores no trecho final do Córrego do Cancã, em decorrência de ambos, maiores concentrações e maiores vazões. Houve uma nítida tendência de aumento da nascente à foz, embora esta tendência tenha sempre sido interrompida próximo à confluência com o Rio Monjolinho (estação 7), fato observado nos dois períodos estudados. A razão para a diminuição das cargas é a redução da vazão do Córrego do Cancã, apesar de não ter ainda sido possível determinar a causa da redução do fluxo, tendo em vista que pela inspeção visual não se constatou retirada de água.

Com relação às cargas de fósforo total e nitrogênio total pode-se observar que as chuvas, provavelmente com o processo de lixiviação dos solos da microbacia, contribuíram com a entrada de material alóctone elevando os valores das cargas destes nutrientes neste período. As cargas de ambos são mais elevadas especialmente a partir da estação 4 (anterior ao represamento) até a estação final onde novamente registrou-se uma diminuição das cargas. A estação 6 onde foi registrado o maior valor tanto de carga da nitrogênio total, quanto da carga de fósforo total, e nos dois períodos analisados, possui margens completamente desprotegidas, sendo a mata substituída pelo pasto cultivado. O solo lixiviado pode ter causado aumento das cargas pela entrada de detritos orgânicos ou ainda pela arraste de resíduos nitrogenados e fosfatados, utilizados em larga escala pela agricultura extensiva e semi-intensiva observadas na área da estação de coleta.

JOHNSON¹¹ (1994) apud NASCIMENTO op. cit. relataram que um importante componente da paisagem que tem forte influência sobre os sistemas aquáticos é o ecótono terra-água, ou a vegetação ripária ou mata ciliar, a qual é uma zona de transição dinâmica que apresenta propriedades definidas com relação às interações entre os ecossistemas terrestre e aquático. Segundo LOWRANCE et. al. (1984), este tipo de vegetação ajuda a controlar o transporte de sedimentos e

¹¹ JOHNSON, R. K. The indicator concept in freshwater biomonitoring. IN: XII International

nutrientes para dentro do rio visto que os autores estudaram uma microbacia agrícola, na qual observaram que a mata ciliar constitui um excelente tampão para a descarga de nutrientes provenientes dos agroecossistemas adjacentes.

NASCIMENTO (2000), registrou no Córrego da Barrinha cargas dos compostos fosfatados maiores no trecho médio. No presente estudo as cargas dos compostos fosfatados foram maiores a partir do trecho médio (estações 4 e 5), mas principalmente no trecho final do córrego, representado pelas estações 6 e 7.

Em relação à análise qualitativa das comunidades planctônicas do córrego em estudo, foi possível observar que tanto para a comunidade fitoplanctônica quanto para a zooplanctônica foi observada uma baixa riqueza de espécies no Córrego do Cancã. Além disso, os táxons registrados tiveram uma distribuição heterogênea em relação aos trechos amostrados.

Já está bem estabelecido na literatura que os ambientes lóticos tem uma baixa diversidade de organismos planctônicos quando comparados aos lagos, pois a velocidade do fluxo e o baixo tempo de residência da água são fatores altamente desfavoráveis para a maioria das espécies de invertebrados planctônicos.

Quanto à distribuição espacial, para o Córrego do Cancã foi constatado um padrão atípico, de maior riqueza de táxons no trecho superior do riacho. Não foi possível, devido às limitações do tipo e quantidade de amostragens realizadas (apenas uma ou duas em cada ponto de amostragem) estabelecer quais os possíveis fatores determinantes do padrão observado.

A variabilidade na distribuição espacial ao longo do córrego parece óbvia, segundo HYNES (1970), uma vez que as comunidades planctônicas respondem à variabilidade ambiental a elas imposta ao longo do curso de um rio. MARGALEF (1983) afirma que a composição das comunidades planctônicas é muito variada devido ao grande número de variáveis que determinam essas comunidades e suas infinitas combinações.

A variabilidade na composição das comunidades deve-se, de uma forma geral, às alterações ao longo do rio, do movimento da água, da turbidez, da temperatura e da disponibilidade de nutrientes. Em alguns casos a comunidade fitoplanctônica verdadeira pode ser até destruída em trechos onde a velocidade de escoamento aumenta marcadamente (HYNES, 1970). Este fato não poderia, no entanto, justificar a ausência de organismos fitoplanctônicos observada no trecho final do Córrego do Cancã, (estações 6 e 7}, onde apesar do aumento na velocidade de escoamento, esta não é suficientemente forte para ocasionar qualquer dano às células algais ou aos invertebrados.

As cheias podem modificar a densidade das comunidades planctônicas. De acordo com o local da amostragem, em trechos mais rasos formam-se poços ou remansos que na época das chuvas suspendem o plâncton que foi sedimentado no período da seca (RIOS, 1993). Nas estações localizadas nos trechos iniciais e médios do córrego, foram registradas as menores profundidades, sendo que as estações 1, 2 e 3 que apresentaram leitos mais rasos e com formação de pequenos remansos, ocorreu uma maior riqueza de táxons das comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica. É importante ressaltar que muitos dos organismos registrados, apesar de terem sido encontrados na coluna d'água, são na verdade tipicamente habitantes de fundo ou das margens, como as tecamebas (Protozoa), as larvas de Díptera Chironomidae, Oligochaeta, Nematoda, e Cnidária, tendo sido provavelmente arrastados pelo fluxo d'água, já que as amostragens foram realizadas em novembro, no início da estação chuvosa.

Quanto à disponibilidade dos nutrientes, principalmente do nitrato e do amônio, que são as formas nitrogenadas mais utilizadas pelo fitoplâncton, observou-se que as concentrações destes nutrientes foram também mais elevadas nas estações de coleta localizadas nos trechos iniciais do córrego, no período chuvoso, o que também poderia ter propiciado recursos para a maior variedade de taxons ali registrados.

Apesar da baixa densidade (observação visual, qualitativa) e baixa riqueza de taxons fitoplanctônicos observadas na coluna d'água, foram encontrados gêneros que são considerados verdadeiramente planctônicos como *Monoraphydium* e *Scenedesmus* também encontrados por RIOS (1993) no Córrego Laranja Azeda e São José. Outros gêneros encontrados como *Synedra*, *Gomphonema* e *Frustulia* apesar de presentes no plâncton, são tipicamente bentônicos, e outros como *Navicula* e *Nitzchia* apresentam espécies tanto planctônicas como bentônicas. Estes gêneros também foram observados por RIOS op. cit. nos córregos por ele estudados, SANTOS (1993) também verificou predominância de gêneros bentônicos nos córregos da região de São Carlos.

HYNES (1970) relatou que nas comunidades fitoplanctônicas dos rios de todo o mundo verifica-se a dominância das diatomáceas, fato também observado por RIOS (op. cit.). Neste estudo a presença da diatomácea *Aulacoseira granulata* e de outras diatomáceas foi relevante, evidenciando que a estrutura da comunidade no Córrego do Cancã é bastante similar àquela de outros rios e riachos de todo o mundo.

BONETTO et. al. (1982) observaram no Rio Paraná-Médio, que das 7 classes encontradas, as diatomáceas, as clorofíceas e as crisofíceas, constituíam os grupos mais importantes para a comunidade fitoplanctônica, visto que os representantes das outras classes apareciam apenas esporadicamente. GIORGIO et. al. (1991) também observaram como grupo dominante as diatomáceas seguidas pelas clorofíceas e cianofíceas. Neste estudo as classes com maior número de representantes foram as clorofíceas, sendo que as diatomáceas podem ser consideradas o segundo grupo mais abundante, com relação à quantidade de táxons encontrados no córrego.

As espécies zooplanctônicas respondem rapidamente às diferentes condições ambientais das massas de água (TUNDISI, 1988). Temperatura, condutividade, pH, concentração de nutrientes são variáveis que determinam um conjunto de condições em que se desenvolvem os organismos planctônicos. O zooplâncton é um excelente indicador da qualidade da água.

Segundo MARGALEF (1983) e TUNDISI (1988), a comunidade zooplanctônica dos ecossistemas lóticos de água doce é pobre em taxons consistindo principalmente de rotíferos, cladóceros e copépodos, sendo que e, ocasionalmente, outros grupos como DIPTERA, MOLLUSCA e TURBELARIA, podem ser de maior importância. RIOS (1993) também verificou no Ribeirão do Feijão predominância dos rotíferos sobre os demais grupos. Na análise dos trechos avaliados no Córrego do Cancã, de uma maneira geral, a riqueza de representantes da comunidade zooplanctônica foi baixa. Observou-se maior ocorrência de PROTOZOA, CLADOCERA e ROTIFERA.

Apesar do pequeno número de organismos encontrados, foram encontrados representantes planctônicos verdadeiros como os gêneros *Bosminopsis* e *Bosmina* também observados por RIOS (op. cit.) no Ribeirão do Feijão.

Segundo MARTINEZ & FRUTOS (1986)¹² apud RIOS op. cit. , os bdelóideos foram encontrados em grande número em córregos e riachos do Chaco Oriental da Argentina, onde uma das limitações ambientais mais severas era o baixo conteúdo de oxigênio dissolvido. Pode-se observar que no Córrego do Cancã, uma espécie de Rotifera Bdelloidea - *Ptygura libera* - ocorreu em elevada abundância, apesar de não ter sido quantitativamente avaliada.

Especialmente não foi possível observar um padrão muito definido de distribuição, notando-se que preferencialmente os organismos foram encontrados, nas estações 1 e 3. Estas estações têm em comum os menores valores de oxigênio dissolvido nos dois períodos analisados, possivelmente da maior concentração de matéria orgânica. Na estação 6 não foram observados representantes zooplanctônicos e na estação 7 apenas um cnidário (*Hydra sp.*).

¹² MARTINEZ, C.C. & FRUTOS, S.M. (1986). Flutuacion temporal del zooplâncton en arroyos y esteros del Chaco oriental (Argentina). Ambiente Subtropical, 1: 112-133.

Finalmente, é importante ressaltar que diferentes trechos do Córrego do Cancã foram classificados como de Classe 2 pelos limites estabelecidos para diferentes variáveis pela Resolução CONAMA, e que quanto à trofia foram classificados como mesotróficos. Isto evidencia que o sistema tem sofrido alterações nas características físicas, químicas e biológicas da água e que deve ser considerado um sistema vulnerável, para o qual ações de prevenção, manejo e recuperação da qualidade da água deverão ser priorizadas pelas instâncias administrativas responsáveis.

7 CONCLUSÕES

- Quanto aos aspectos geomorfológicos, a microbacia na qual está contido o Córrego do Cancã, desenvolveu-se sobre a província de *cuestas* basálticas que propiciam um incremento da velocidade de escoamento da nascente à foz. Segundo os índices de forma, alongação e compacidade, a microbacia do Córrego do Cancã possui forma irregular levemente alongada e, por isso, é pouco sujeita aos picos de enchentes nas épocas de cheias.
- O Córrego do Cancã é um rio de 3ª ordem, segundo classificação de VILELLA (1975).
- Temporalmente os valores calculados para as velocidades de escoamento variaram entre os períodos de seca e de chuva de acordo com o volume de água no canal do córrego.
- A vazão do Córrego do Cancã espacialmente seguiu o padrão esperado de acordo com o modelo proposto por VANNOTE et. al (1980) no conceito do *continuum* fluvial, de aumento da nascente até a foz através da contribuição das águas dos tributários e com o aumento da área da bacia. Apenas em um segmento do córrego verificou-se uma descontinuidade ocasionada por represamento de origem antrópica.
- Com relação a sazonalidade as vazões e as cargas de nutrientes foram mais elevadas no período chuvoso, o que demonstra a importância da água das chuvas como principal fonte de abastecimento nos recursos hídricos regionais.

- Com relação às variáveis físicas e químicas da água no Córrego do Cancã, os parâmetros obtidos para o pH, oxigênio dissolvido, sólidos totais, nitrogênio inorgânico total, nitrato e nitrito permitiram classificá-lo segundo a Resolução nº20 de 1986 CONAMA, como um rio de classe-2.
- Os valores de condutividade foram baixos ou muito baixos quando comparados aos registrados em córregos das cidades de São Carlos, Ibaté e Brotas (todas no estado de São Paulo), evidenciando um grau moderado de impactação do córrego e a influência da formação pedológica onde predominam solos distróficos.
- A temperatura da água seguiu a tendência da temperatura circundante, sendo que espacialmente a variação dos valores está relacionada aos horários da realização das coletas e temporalmente a variação seguiu a variação sazonal.
- Os nutrientes em geral, tiveram concentrações relativamente baixas, sendo que as formas nitrogenadas mais abundantes foram o nitrato e o amônio. Temporalmente, as concentrações de nitrogênio total foram mais elevadas na estação seca, sendo esta a variação sazonal mais significativa.
- Os valores do Índice de Estado Trófico indicam que as águas do Córrego do Cancã são mesotróficas, evidenciando, portanto, a vulnerabilidade às recentes atividades antrópicas na bacia.
- As comunidades planctônicas tiveram baixa riqueza de espécies em geral. A maior riqueza de táxons no trecho superior, próximo à nascente, difere do padrão esperado, de maior riqueza de *taxons* no trecho médio dos rios e riachos, como postulado pela teoria do *continuum* fluvial.

- A presença de organismos tipicamente planctônicos como as pequenas clorófitas e as diatomáceas no fitoplâncton, os rotíferos e os cladóceros bosminídeos no zooplâncton, associados a grupos não verdadeiramente planctônicos na coluna d'água, evidenciou que a biota do Córrego do Cancã tem composição típica dos ambientes lóticos, similar àquela encontrada em riachos de diferentes continentes.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre a avaliação feita no presente trabalho observou-se que a estação 2 representa o local mais impactado do sistema, embora todo o córrego já apresente claros sinais de sua degradação através das atividades humanas. Diante das observações e análises realizadas neste córrego e visto que seu grau de impactação pôde ser constatado e classificado como um sistema MESOTRÓFICO (SALAS & MARTINO, 1994), algumas considerações devem ser realizadas:

- ◆ Recomenda-se que o órgão municipal responsável pelas águas superficiais do município, o Serviço de Água e Esgoto (SAAE) de São Carlos, em contato com o proprietário daquela área, solicite a construção de uma curva de nível impedindo a lixiviação dos nutrientes em excesso no solo e o escoamento para o córrego;
- ◆ Que seja realizado um programa em educação ambiental com o objetivo de reflorestar as margens do Córrego do Cancã, afim possibilitar a conscientização pública bem como a recuperação do córrego;
- ◆ Que em hipótese alguma faça a introdução de resíduos ou lixo no córrego também utilizando a educação ambiental como objeto de conscientização da população local para a realização de um trabalho ambiental que vise a recuperação do córrego;

- ◆ Também é desejável que a secretaria do meio ambiente estenda esta ação às outras propriedades na qual encontra-se inserida a bacia do Córrego do Cancã. Elaboração de uma matéria sobre o assunto para o jornal local e uma reportagem com a EPTV local sobre o problema, poderiam ser uma das ações mais imediatas.

- ◆ Ações como a elaboração de uma cartilha com um apelo mais direto através de explicações limnológicas sobre a eutrofização, o ensinamento de técnicas para evitar a erosão do solo e o assoreamento do córrego, em linguagem simples, seriam talvez necessárias para distribuição pelo SAAE e Secretaria do Meio Ambiente da Prefeitura dos Municípios de São Carlos e Ibaté. Uma parceria entre o presente autor e aqueles órgãos seria viável.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLAN, J.D. (1995). *Stream ecology. Structure and function of running waters*. Chapman & Hall. 388p.
- AGUIAR, R.L. (1986). *Mapeamento geotécnico da área de expansão urbana de São Carlos – S.P.* São Carlos: 127p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de geotecnia. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.
- BOON, P.J. (1992). Essential Elements in the Case for River Conservation. In: BOON, P.J.; CALOW, P. & PETTS, G.E. *River Conservation and Management*. John Wiley & Sons. Cap. 2, p. 12-33.
- BONETTO, A.A.; DOMITROVIC, Y.Z. & VALLEJOS, E.R. (1982). Contribución al conocimiento del fitoplâncton del Paraná Medio. *I ECOSSUR*, v. 9, n.19, p. 189-212.
- BOURRELLY, P. (1968). Les algues d'eau douce. Initiation à la Systématique. Tome I: *Lês algues jaunes et brunes. Chrysophycées, Phéophycées, Xantophycées et Diatomacées*. Éditions N. Boubée & Cie. 438p.
- BOURRELLY, P. (1970). Les algues d'eau douce. Initiation à la Systématique. Tome II: *Les algues bleus et rouges. Lês Eugléniens, Peridimiens et Cryptomonadines*. Éditions N. Boubée & Cie. 512p.
- BOURRELLY, P. (1972). Les algues d'eau douce. Initiation à la Systématique. Tome III: *Les algues verts*. Éditions N. Boubée & Cie 572p.

- BRANCO, S.M. (1992). A Água e o Homem. In: PORTO et. al. *Hidrologia Ambiental*. EDUSP: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1991 - *Coleção ABRH de Recursos Hídricos*. V.3, cap.1, p. 03-25
- BRASIL. Constituição, 1988 (1989). *Constituição da República Federativa do Brasil, 1988*. São Paulo. Ed. Revista dos Tribunais.
- CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (1986). RESOLUÇÃO CONAMA Nº 003, de 5 de junho de 1984. Decreto 88.351 - Resolução n. 20. Dispõe sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas.
- CARMOUZE, J.P. (1994). *O metabolismo dos Ecossistemas Aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas*. São Paulo. Edgard Blücker, FAPESP. 235p.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1969). *Análise morfométrica das bacias hidrográficas*. Not. Geomorfol., Campinas. v. 9, n. 18, p. 35-64.
- CUMMINS, K. W. (1974). Structure and function of stream ecosystems. *Bioscience* v. 24, n.11, p.631-641.
- CUMMINS, K. W (1984). Budget for stream ecosystems: problems in their evaluation. In: BARNES, J. R.
- DAMACENO, A.G. et. al. (1971). *Estudo da qualidade da água do rio Monjolinho-São Carlos*.
- DNAEE-EESC, (1980). *Bacia Experimental do Rio Jacaré-guaçu*. DNAEE-EESC-USP. 113p.

- DRAGO, T. (1980). *Médio ambiente y desarrollo: una experiencia de información alternativa* – Madrid. Ed. CIFCA 124p.
- ESTEVES, F.A. (1988). *Fundamentos de Limnologia*. FINEP. 575p.
- FILHO, J.P.G. (1998). *Caracterização Abiótica do Ribeirão Feijão, considerando dois Regimes Hidrológicos, Chuva e Seca (São Carlos-SP)*. São Carlos. 163p. Dissertação (Mestrado) Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo.
- GALLI, S.C.V. (1997). *Aplicação da Abordagem Ecológica ao estudo da microbacia do Córrego São José (São Carlos-SP)*. São Carlos. 153p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.
- GARCEZ, L.N. (1967). *Hidrologia*. São Paulo. Edgard Blücher. 449p.
- GARCIA, J.R. (1988). *Determinação de Oxigênio Dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio dos Rios da Cidade de São Carlos*. Trabalho apresentado no 23º Congresso Jovens Cientistas. São Carlos: CDCC-IFQSC.
- GASTALDINI, M.C.C. (1982). *Análise do Mecanismo de Auto - Depuração do Rio Jacaré- Guaçu através do Modelo de Qualidade de Água*. São Carlos. 160p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.
- GIBBS, R. (1970). Mechanisms controlling world water chemistry. In: Impounded rivers – perspectives for ecological management. *Wiley-Interscience Publication*, New York. 326p.
- GOLDMAN, C.R. & HORNE, A. J. (1983). *Limnology*. Tokyo. International Student. Mc Graw-Hill, 464p.

- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHSNTAD, M.A.M. (1978). *Methods For Chemical Analysis of Fresh Waters*. Boston. Blackwell. 214p.
- GONÇALVES, A.R.L. (1986). *Geologia ambiental da área de São Carlos*. São Paulo. 138p. Tese (Doutorado) Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo – Universidade de São Paulo.
- HYNES, H.B.N. (1970). *The Ecology of Running Waters*. Liverpool. University of Toronto Press, 55p.
- JØRGENSEN, S.E.; MITSCH, W.J. (1989). Ecological Engineering Principles. In: JØRGENSEN, S.E. & VOLLENWEIDER, R.A. (1989). *Ecological Engineering. An Introduction to Ecotechnology*. New York. John Wiley and Sons. 472 p.
- KARR, J.R. and DUDLEY, D.R. (1981). Ecological perspective on water quality goals. *Environm. Managem.* v.5, n.1, p. 55-68.
- KIEHL, E.J. (1985). *Fertilizantes Orgânicos*. São Paulo. Agronômica Ceres. 492p.
- KIRA, T. (1988). *Ecologiccal Principles of Watershed management - with emphasis on Eutrophication Control*. Expert group Workshop on River/ Lake Basin Approach to environmentally Sound Managemnet of Water Resouces. Otsu an Nogoya: UNCRD/ ILEC/ UNEP. 26p.
- KITTRELL, F.W. (1969). *A Pratical Guide to Water Quality Studies of Streams*. *Cincinnati*: Federal Water Pollution Control Administration - U.S. Department of the Interior. 135p.
- KOMÁREK, J & ANAGNOSTIDIS, K. (1989). Modern approach to the classification system of Cyanophytes, 4- Nostocales. *Algological Studies*, v. 82 n3, p. 247-345

- KOROLEFF, F. (1976). Determination of Nutrients. *Verlag. Clemie Weihen.*, p. 171-181
- LAGE FILHO, A.L. (1996). *Características ecológicas e limnológicas da bacia hidrográfica do Ribeirão das Antas, no período de menores precipitações (Poços de Caldas, MG)*. São Carlos. 192p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.
- LIKENS & BORMANN, F.H. (1985). *An ecosystem approach*. In: *An ecosystem approach to aquatic ecology*. New York. G.E. Springer. p. 1-8.
- LIKENS, G.E. (1992). *The ecosystem approach: its use and abuse*. New York. Excellence in Ecology. 165p.
- MACKERETH, F.J.H.; HERON, J. & TALLING, J.F. (1978). Water analyses: some revised methods for limnologist. *Fresh Water Biological Association. Scientific Publication n° 36*. Titus Wilson & Son Ltd., Kendall. 117p.
- MAIER, M.A. (1983). *Geologia, hidrografia, hidroquímica, clima e processos antrópicos da Bacia do Rio Jacaré-Pepira (S.P.)*. Tese (doutorado) – Universidade Federal de São Carlos – S.P. 305p.
- MARGALEF, R. (1983). *Limnologia*. Barcelona. Omega. 1100 p.
- MARGALEF, R. (1991). *Teoría de los sistemas ecológicos*. Barcelona. Universitat de Barcelona Publicacions. 290p.
- MARGALEF, R. (1994). The place of epicontinental waters in global ecology. In: *Limnology now. A paradigm of planetary problems*. R. MARGALEF (ed.). Elsevier Science B.V. p 195-218.

- MATHEUS, C.E. & TUNDISI, J.G. (1988). Estudo físico-químico e ecológico dos rios da bacia Hidrográfica do Ribeirão do Lobo (Broa) . In: TUNDISI, J.G. *Limnologia e Manejo de Represas. Monografias em Limnologia*. EESC - USP/ CRHEA/ ACIESP. Vol. I, tomo 1, p. 419-472.
- MATSUMURA-TUNDISI, T. (1983). *Tipologia de reservatórios do Estado de São Paulo. Ecologia de zooplâncton e fitoplâncton*. Relatório técnico-científico, processo nº 40.6021/91 – CNPq.
- MATTOS, A. (1980). A Bacia Experimental. Caracterização Hidrológica. In: *Bacia Experimental do Rio Jacaré-Guaçu*. São Carlos. DNAEE-USP. 113p.
- MATTOS, A. (1984). *Bacia representativa do Rio Jacaré-Guaçu*. DNAEE-USP. São Carlos.
- MATTOS, E. (1968). Levantamento Físico-Químico das Águas do Rio Jacaré-Guaçu Monografia. 47p. Escola de Engenharia de São Carlos –Universidade de São Paulo.
- MEYBECK, M.; HELMER, R. (1992). An introduction to water quality In: CHAPMAM, D. (1992) *Water quality assessment*. Cambridge. University Press. 585p.
- MINSHALL, G. W. ; CUMMINS, K. W.; PETERSEN, R. C.; CUSHING, C. E.; BRUNS, D. A.; SEDELL, J. R. & VANNOTE, R. L. (1985). Developments in stream ecosystem theory. *Cam. J. Fish. Aquat. Sci.* v. 42. p. 1045-1054.
- NASCIMENTO, V.M.C. (2000). *Estudo da Carga de Nutrientes e da Comunidade Bentônica do Córrego Barrinha*. São Carlos. 158 p. Tese (Doutorado) Universidade Federal de São Carlos.
- NIMER, E. (1989). *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro. IBGE - 2ª ed. 422p.

- ODUM, E.P. (1988). *Ecologia*. Rio de Janeiro. Guanabara. 434p.
- OLIVEIRA, J. B. & PRADO, H. (1984). Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de São Carlos. *I Carta de Solos*. Instituto Agrônomo. Campinas. ESCALA 1:100 000.
- PAGGI, J.C. Contribuição ao conhecimento da fauna de cladóceros dulceacuícolas argentino. *Physis*. v.32. n. 81. p. 103-114.
- PAYNE, A. I. (1986). *The ecology of tropical lakes and rivers*. Chichester. John Wiley & Sons. 301p.
- PELÁEZ, R. M. (2001). *Avaliação da qualidade da água da Bacia do Alto Jacaré-Guaçu/SP (Ribeirão do Feijão e Rio do Monjolinho) através de variáveis físicas, químicas e biológicas*. São Carlos. 145p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.
- PENNAK, R. W. (1958). *Freshwater invertebrates of the United States*. The Ronald Press Company. 769p.
- PERES, A.C. (2000). *Uso de macroalgas e variáveis físicas, químicas e biológicas para a avaliação da qualidade da água do Rio Monjolinho, São Carlos, Estado de São Paulo*. São Carlos. 101p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de São Carlos.
- PORTO, M.F.A.; BRANCO, S. M. DE LUCA, S.J. (1991). A Água e o Homem. In: PORTO, et. al. *Hidrologia Ambiental*. EDUSP; Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1991 - *Coleção ABRH de Recursos Hídricos*. v.3. cap.1. p. 27-66.

- PRESCOTT, G. W. (1962). *Algae of western Great Lakes Area, wit an allus tated key to the genera of densids of freshwater diatoms*. Dubuque, Iowa. Wm. C. Brow Company Publishers. 977p.
- RIOS, L. (1993). *Estudo Limnológico e Fatores Ecológicos em Ribeirões e Córregos da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Feijão (Estado de São Paulo)*. São Carlos. 146p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.
- ROCHA, O.; PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E. dos (2000). Pedologia In: *A Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho* ESPÍNDOLA, E. L. G.; MRINELLI, C.E.; ABDON, M. M. (org). Rima. p. 1-16.
- ROCHA, O.; TUNDISI, T. M. (1976) *Atlas de zooplâncton – copepoda*. São Carlos. 68p. Universidade Federal de São Carlos.
- RYDER, G.I. & SCOTT, D. (1988). The aplicability of the River Continuum Concept to New Zealand streams. *Verh. Internat. Ver. Limnol.* v. 23. p. 1441 - 1445.
- SABATER, F. & ARMENGOL, J. (1986). Chemical characterization of the Ter river. *Limnetica*. v. 2. p. 75-84.
- SABATER, F.; ARMENGOL, J. & SABATER, S. (1989) Measuring discontinuities in the Ter river. *Regulated Rivers: Res. Manag.* v. 3. p. 133-142
- SALAS, H.J. & MARTINO, P. (1990). *Metodologias simplificadas para la evaluacion de eutrofication en lagos calidos tropicais*. Centro Panamericano de Ingenieria Sanitaria y Ciencias del Ambiente-CEPIS, Organizacion Mundial de la Salud. 1981-1990. 51p

- SANTOS, M.J. dos. (1993). *Estudo Limnológico dos córregos da área da Água Fria e Água Quente*. São Carlos. 291p Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.
- SCHÄFER, A. (1985). *Fundamentos de Ecologia e Biogeografia das Águas Continentais*. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 532p.
- SCHOSSER, I.J. & KARR, J.R. (1981). Water quality in agricultural watersheds: impact of riparian vegetation during base flow. *Water Resources Bull.* v. 17. n. 2. p. 233-240.
- SÉ, J.A. da S. (1992). *O Rio Monjolinho e sua bacia hidrográfica como integradores de sistemas ecológicos. Um conjunto de informações para o início de um processo de pesquisas ecológicas, de educação, planejamento e gerenciamento ambientais em longo prazo*. São Carlos. 318p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.
- SILVA, F.A.M. (1994). *Bacias hidrográficas como unidade de estudo, experimentação e planejamento*. São Carlos. 123p. Monografia. Escola de Engenharia de São Carlos. Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada. Universidade de São Paulo.
- SOUZA, A. D. G. de ; TUNDISI, J. G. (2000). Hidrogeochemical Comparative Study of the Jaú and Jacaré-Guaçú River Watersheds, São Paulo, Brazil. *Rev. Brasileira de Biol.* v. 60. n. 4. p. 563-570.
- SOUZA, P. A. P. ; SANTOS, M. B. dos; PALHARES, J. C. (2000). *Pedologia* In: *A Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho*. ESPÍNDOLA, E. L. G.; MRINELLI, C.E.; ABDON, M. M. (org).. Rima p. 49= 59.

- STATZNER, B. & HIGLER, B. (1985). Questions and comments on the River Continuum Concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* v. 42. p. 1038-1044.
- STRICKLAND, J. D. & PARSONS, T. R. (1960). A manual of sea water analyses. *Bull. Fish. Res. Be. Cam.*, p. 125: 1-185.
- TEIXEIRA, D. (1993). *Caracterização Limnológica dos Sistemas Lóticos e a Variação espacial e temporal de invertebrados bentônicos da Bacia do Ribeirão do Feijão (São Carlos – SP)*. São Carlos. 210p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.
- TOLENTINO, M. (1967). Estudo Crítico sobre o Clima da Região de São Carlos - SP. *Concurso de Monografias*. São Carlos: PMSC. 78p.
- TUNDISI, J.G. (1988). Limnologia e Manejo de Represas. *Monografias em Limnologia*. v.I. Tomo 1. CRHEA-EESC-USP/ACIESP. 506p.
- VALDERRAMA, J.C. (1981). The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in natural waters. *Mar. Chem.*, v. 10. p. 109-122.
- VANNOTE, R.C.; MINSHAL, G.W.; CUMMINS, K.W.; SEDELL, J.R. & CUSHING, C.E. (1980). The River Continuum Concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* v. 37. p. 130-137.
- VILLELA, S.M.; MATTOS, A. (1975). *Hidrologia Aplicada*. São Paulo. Mcgraw-Hill do Brasil. 245p.
- WARD, J. V. (1994). The structure and dynamics of lotic ecosystem. In: MARGALEF R. (ed.) *Limnology now. A paradigm of planetary problems*. Elsevier Science B. V. p. 195-218.

WARD, J. V.; PRAT, N. (1994). *The tamed river*. In: MARGALEF R. (ed.) *Limnology now. A paradigm of planetary problems*. Elsevier Science B. V. p. 219-234.

WELCOME, R.L. (1980). *Cuencas Fluviales. Doc. Tec. Pesca*. v. 202. p. 62.

WETZEL, R.G. (1975). *Limnology*. Philadelphia: W.B. Saunders. 743p.

WHITTON, B.A. (1991). Aims of monitoring. In: *Use of algae for monitoring rivers*. Ed. WHITTON, B. A.; ROTT, E. and FRIEDRICH, G. Inndbruck. 193p.

ZUQUETTE, L.V. (1981). *Mapeamento Geotécnico Preliminar na Região de São Carlos-SP*. São Carlos. 86p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

ANEXO-1

ANEXO – 1: Tabelas com valores de cargas de nutrientes analisados no Córrego do Cancã, município de São Carlos – S.P.

Tabela 01 - Carga de Amônio (Kg/mês^{-1}) para todas as estações de coleta no Córrego do Cancã – São Carlos/SP, durante os períodos de seca e chuva .

Mês	Est. 1	Est. 2	Est.3	Est.4	Est.5	Est. 6	Est. 7
Seca	0,021*	2,47	12,67	16,91	22,69*	14,75	6,44
Chuva	0,291*	12,26	21,10	36,42	45,23*	39,56	31,92

* Valores mínimo e máximo

Tabela 02 - Carga de Nitrato (Kg/mês^{-1}) para todas as estações de coleta no Córrego do Cancã – São Carlos/SP, durante os períodos de seca e chuva

Mês	Est. 1	Est. 2	Est.3	Est.4	Est.5	Est. 6	Est. 7
Seca	0,018*	6,95	22,25	26,19	15,94	63,79*	48,84
Chuva	0,165*	16,08	20,51	36,68	44,55	60,31*	36,23

* Valores mínimo e máximo

Tabela 03 - Carga de Nitrito (Kg/mês^{-1}) para todas as estações de coleta no Córrego do Cancã – São Carlos/SP, durante os períodos de seca e chuva.

Mês	Est. 1	Est.2	Est.3	Est.4	Est.5	Est.6	Est.7
Seca	0,0004*	0,05	0,21	0,30	0,42	0,73*	0,57
Chuva	0,0056*	0,09	0,30	0,84	1,26	2,49*	1,78

* Valores mínimo e máximo

Tabela 04- Carga de Nitrogênio Total (Kg/mês^{-1}) para todas as estações de coleta no Córrego do Cancã – São Carlos/SP, durante os períodos de seca e chuva.

Mês	Est.1	Est.2	Est.3	Est.4	Est.5	Est.6	Est.7
Seca	0,121*	16,36	66,14	83,43	85,36	138,75*	135,17
Chuva	2,468*	46,85	70,51	190,72*	185,27	190,73	164,24

* Valores mínimo e máximo

Tabela 05 - Carga de Fosfato total (Kg/mês^{-1}) para todas as estações de coleta no Córrego do Cancã – São Carlos/SP, durante os períodos de seca e chuva.

Mês	Est. 1	Est. 2	Est.3	Est.4	Est.5	Est. 6	Est. 7
Seca	0,006*	0,34	1,34	2,18	1,70	3,87*	2,65
Chuva	0,189*	2,46	3,70	12,84	8,61	17,73*	15,60

* Valores mínimo e máximo

Tabela 06 - Carga de Fosfato Inorgânico (Kg/mês^{-1}) para todas as estações de coleta no Córrego do Cancã – São Carlos/SP, durante os períodos de seca e chuva.

Mês	Est. 1	Est. 2	Est.3	Est.4	Est.5	Est. 6	Est. 7
Seca	0,005*	0,29	1,06	1,68	1,39	3,11*	2,13
Chuva	0,017*	0,79	0,66	2,00	1,59	5,54	6,80*

* Valores mínimo e máximo

Tabela 07 – Carga de Fosfato Orgânico (Kg/mês^{-1}) para todas as estações de coleta no Córrego do Cancã – São Carlos/SP. Durante os períodos de seca e chuva.

Mês	Est. 1	Est. 2	Est.3	Est.4	Est.5	Est. 6	Est. 7
Seca	0,0006*	0,04	0,27	0,49	0,31	0,76*	0,52
Chuva	0,172*	1,67	3,03	10,82	7,01	12,18*	8,80

* Valores mínimo e máximo

Tabela 08 - Carga de Fósforo Total (Kg/mês^{-1}) para todas as estações de coleta no Córrego do Cancã – São Carlos/SP. Durante os períodos de seca e chuva .

Mês	Est. 1	Est. 2	Est.3	Est.4	Est.5	Est. 6	Est. 7
Seca	0,016*	1,12	4,24	5,84	6,00	9,68*	8,26
Chuva	0,382*	3,70	8,26	22,5	18,92	39,23*	23,89

* Valores mínimo e máximo

Tabela 09 - Carga de Silicato Reativo (Kg/mês^{-1}) para todas as estações de coleta no Córrego do Cancã – São Carlos/SP. durante os períodos de seca e chuva.

Mês	Est. 1	Est. 2	Est.3	Est.4	Est.5	Est.6	Est.7
Seca	0,0003*	0,08	3,43	0,64	0,56	2,29*	1,93
Chuva	0,031*	0,75	1,48	5,30	3,29	8,84*	6,66

* Valores mínimo e máximo

Tabela: 10 Concentrações de materiais suspensos (mg.L^{-1}), totais, inorgânicos e orgânicos em abril de 2000 no Córrego do Cancã – São Carlos – S.P.

Estação	Mat. Susp.	Mat. Susp.	Mat. Susp.
	Totais	Inorgânicos	Orgânicos
E1	2,30	0,60	1,77
E2	19,00	13,4	5,60
E3	5,83	2,91	2,92
E4	6,06	3,68	2,38
E5	5,38	3,56	1,82
E6	6,72	4,89	1,83
E7	7,11	5,23	1,88
Média	7,48	4,89	2,59
Desvio Padrão	5,31	4,04	1,39

* Valores mínimo e máximo

Tabela: 11 Concentrações de materiais suspensos (mg.L^{-1}), totais, inorgânicos e orgânicos em novembro de 2000 no Córrego do Cancã – São Carlos – S.P.

Estação	Mat. Sol.	Mat. Sol.	Mat. Sol.
	Totais	Inorgânicos	Orgânicos
E1	2,65	1,44	1,21
E2	5,76	3,46	2,30
E3	4,86	1,66	3,20
E4	13,7	4,60	9,41
E5	8,28	3,49	4,79
E6	5,50	3,95	1,40
E7	6,21	4,52	1,69
Média	6,70	3,30	3,42
Desvio Padrão	3,50	1,27	3,91

* Valores mínimo e máximo