

O RIO DO MONJOLINHO E SUA BACIA HIDROGRÁFICA
COMO INTEGRADORES DE SISTEMAS ECOLÓGICOS.

Um conjunto de informações para o início
de um processo de pesquisas ecológicas, de edu-
cação, planejamento e gerenciamento ambientais
a longo prazo.

JOÃO ALBERTO DA SILVA SÉ

Orientador: Prof. Dr. José Galizia Tundisi

DEDALUS - Acervo - EESC



31100013590

Dissertação apresentada à Escola de
Engenharia de São Carlos, da Uni-
versidade de São Paulo, para a ob-
tenção do título de Mestre em Hi-
dráulica e Saneamento.

São Carlos.
Estado de São Paulo
Junho, 1992

Class.	TESE EESC
Curr.	5603
	2.1
Tombo	1099/92

31100013590

st 0735991

O RIO DO MONJOLINHO E SUA BACIA HIDROGRÁFICA
COMO INTEGRADORES DE SISTEMAS ECOLÓGICOS:

Um conjunto de informações para o início
de um processo de pesquisas ecológicas, de edu-
cação, planejamento e gerenciamento ambientais
a longo prazo.

JOAO ALBERTO DA SILVA SÉ



Orientador: Prof. Dr. José Galizia Tundisi

O Rio do Monjolinho após passar pela cidade de São Carlos. Ao fundo: queda de 30m. À frente: águas avermelhadas por despejo de efluentes, provavelmente urbanos, em algum ponto da rede de drenagem a montante.

Ao meu pai João e a minha
mãe Anita pelos caminhos
ensinados ...

A Ana Olívia, à Marília e
à Beatriz ...

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. José Galizia Tundisi, pessoa dinâmica e geradora constante de novos caminhos para a pesquisa ecológica, e de oportunidades, sem as quais a orientação e a realização deste trabalho não seriam possíveis;

Ao Prof. Mário Tolentino (UFSCar), pela sugestão da Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho como objeto desta pesquisa;

Aos Profs. Drs. Antônio Marozzi Righetto (EESC-USP), Takako Matsumura-Tundisi e Mirna J.L. Godinho Orlandi (UFSCar), pelas sugestões apresentadas durante as bancas de Qualificação e de Defesa do Mestrado;

À Profª Drª Maria do Carmo Calijuri, pelo auxílio nos trabalhos de campo e laboratório, e pela disposição na troca de idéias;

Às bibliotecárias Neyde S. Gava e Regina Célia V. Medeiros e aos técnicos do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada (EESC-USP), Amândio de Menezes Nogueira, América Jacintho de Moraes, Carlos Eduardo Matheus, Décio José Garbulio, Luci Aparecida Queiroz, Marcelo de Menezes Nogueira, bióloga Sandra Cristina Dimis Santos, José Roberto Maramaque, e especialmente a José Valdecir de Lucca e a Valdomiro Antônio Filho pelo auxílio nos trabalhos de campo e laboratório;

À CAPES (Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão da bolsa de estudos, e ao Departamento de Hidráulica e Saneamento (EESC-USP);

Ao Walter Decio Andrade, pela paciência e pelo excelente trabalho de datilografia;

E a todas as pessoas e/ou instituições que de uma forma ou de outra colaboraram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Nesta dissertação foi obtido um conjunto de informações ecológicas científicas sobre o Rio do Monjolinho e sua Bacia Hidrográfica, com os objetivos de se iniciarem, um processo de recuperação das funções ecológicas básicas dos ecossistemas primitivos da bacia hidrográfica, e um plano de educação ambiental para as populações, local e regional principalmente.

As características naturais (localização, clima, geologia, geomorfologia, pedologia e cobertura vegetal), a história e características recentes da ocupação e atividades humanas na bacia, além de novas informações geradas da análise física, química e biológica das águas coletadas longitudinalmente no rio, constituíram a base de dados para se relacionarem os processos lóticos aos processos da superfície terrestre da bacia hidrográfica. Essas relações foram discutidas, o diagnóstico da bacia hidrográfica foi estabelecido e, em função disso, foram dadas algumas sugestões, tanto para a amenização dos problemas, como para a continuidade da pesquisa sob perspectivas ecológicas.

ABSTRACT

In this dissertation a set of ecological scientific informations about the Monjolinho Stream and its watershed was obtained, with the aims of initiate, a recovery process of the basic ecological functions of the watershed original ecosystems, and an environmental education plan for the local and regional populations mainly.

The natural characteristics (localization, climate, geology, geomorphology, pedology and vegetational coverage), the history and recent characteristics of human occupation and activities in the watershed, besides new informations generated from the physical, chemical and biological analysis of the water collected longitudinally in the stream, provided the data basis to relate the lotic processes with the watershed terrestrial surface processes. These relationships were discussed, the watershed diagnosis was established, and some suggestions for the problems mitigation, and for the ecological research continuity, were given.

Í N D I C E

	Página
1. INTRODUÇÃO - Bases Científicas e Justificativas deste Trabalho.....	1
1.1- Relações Humanidade/Ambiente : Informações Históricas.....	1
1.2- Do Quadro Atual ao Futuro : Propostas Gerais deste Trabalho.....	6
1.3- A Bacia Hidrográfica como Sistema e o Subsistema Rio : Algumas Referências Bibliográficas.....	9
1.4- Pesquisa Ecológica de Rios : Conceitos e Metodologia.....	13
2. OBJETIVOS.....	22
3. METODOLOGIA.....	25
3.1- Metodologia Geral e Estrutura do Trabalho	25
3.2- Metodologia mais detalhada para o Sistema-Rio.....	31
3.2.1- Variáveis Ambientais - materiais e métodos.....	31
3.2.2- Coletas para os Perfis - procedimento de campo e laboratório.....	35
3.2.3- Medidas de Metabolismo e Variação Diurna de Nutrientes.....	48
4. RESULTADOS.....	55
4.1- Características Naturais da Bacia Hidrográfica.....	55
4.1.1- Localização.....	55
4.1.2- Aspectos Climáticos.....	56
4.1.3- Aspectos Geológicos.....	60
4.1.4- Aspectos Pedológicos.....	73

Página

4.1.5- Aspectos Geomorfológicos.....	84
4.1.6- Cobertura Vegetal Primitiva.....	90
4.2- Características Antrópicas de Ocupação e Utilização da Bacia Hidrográfica.....	93
4.2.1- Aspectos Históricos.....	93
4.2.2- Aspectos Recentes.....	98
4.3- Diagnóstico Ambiental do Rio.....	112
4.3.1- Importância e Variabilidade das Variáveis Ambientais Utilizadas...	112
4.3.2- Perfis Longitudinais - informações preliminares e auxiliares.....	127
4.3.3- Perfis Longitudinais - Características físico-químico-biológicas em quatro diferentes períodos de coleta.....	141
4.3.4- Medidas de Metabolismo e de Variação Diurna de Nutrientes em Trechos do Rio.....	177
5. DISCUSSÃO.....	199
5.1- Características Longitudinais e Temporais das Águas do Rio do Monjolinho.....	199
5.2- Medidas de Metabolismo e de Variação Diurna de Nutrientes e Outras Variáveis em Trechos do Rio.....	222
5.3- Modelo Conceitual do Rio do Monjolinho e Subsistemas da Bacia Hidrográfica.....	230
5.4- A Bacia Hidrográfica como Unidade Ecológica de Estudos, Planejamento e Gerenciamento.....	246
5.4.1- Constatações Gerais.....	246
5.4.2- Sugestões Iniciais Direcionadas ao Planejamento e Recuperação Ambientais da Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho.....	251

6. CONCLUSÕES.....	274
7. SUMMARY.....	277
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	280
APÊNDICE A - TABELAS.....	306
APÊNDICE B - FIGURAS.....	331

1. INTRODUÇÃO — Bases Científicas e Justificativas deste Trabalho

1.1- Relações Humanidade/Ambiente : Informações Históricas

As rochas mais antigas da Terra, datadas pelos métodos científicos, têm cerca de 3.800 milhões de anos, sendo a idade do planeta estimada pelos geólogos em 4.500 milhões de anos (STRAHLER e STRAHLER, 1973; POPP, 1987), 60 milhões de vezes o tempo de vida de um ser humano com 75 anos. Se a idade da Terra correspondesse a um ano, o tempo de vida desse ser humano passaria no tempo que se leva para pestanejar duas vezes, tão depressa quanto possível (SHAPIRO, 1987).

As eras geológicas e o tempo de vida de um ser humano são exemplos de diferenças extremas de escalas de tempo que, ao lado de escalas espaciais com magnitudes variadas, mostram a dificuldade humana para compreender sua própria evolução e os processos de formação e desenvolvimento dos sistemas naturais dos quais é parte integrante.

Os impactos da evolução humana na história do planeta têm dimensões bastante diferentes conforme a escala de tempo em que são abordadas. As alterações ambientais de origem antrópica têm sido cada vez maiores e mais frequentes nos últimos séculos, décadas e anos de uma história de bilhões de anos da Terra.

Os primeiros sinais de vida no planeta identificados pela Ciência, segundo SHAPIRO (op. cit.), foram os fósseis de células procarióticas com aproximadamente 3.500 milhões de anos. Dessa data até o surgimento do gênero Homo há 2 milhões de anos atrás (NIÉSTURJ, 1984), nenhum ser vivo havia comprometido, pelo desenvolvimento e pelo triunfo de suas populações, a perenidade da biosfera, onde a vida se desenvolve no planeta (RAMADE, 1979a).

Eventos importantes da evolução humana marcaram acentuadas mudanças na forma de relacionamento do ser humano com o ambiente natural, seja na forma de ocupação do espaço, seja no uso dos recursos naturais. Essas transições deveram-se principalmente à evolução tecnológica e cultural baseada nas fontes de energia disponíveis durante a história da Humanidade (ODUM e ODUM, 1981).

Os primeiros grupamentos humanos primitivos baseavam sua economia nas atividades de caça, pesca e coleta de materiais vegetais e minerais para satisfazerem suas necessidades de alimentação, de vestuário e de habitação (GOULD, 1982). As populações eram pequenas, não concentradas, com seus dejetos ou resíduos produzidos sendo assimilados, sem problemas, pelos ecossistemas dos quais participavam, seja controlando populações vegetais e animais, seja redistribuindo sementes pelos ambientes (ODUM e ODUM, op. cit.).

A descoberta do fogo talvez tenha sido a primeira aquisição tecnológica que passou a ser uma real ameaça às comunidades bióticas (RAMADE, op. cit.).

A descoberta da agricultura, há aproximadamente 10.000 anos atrás (HEISER JR., 1977; SHAPIRO, 1982), revolucionou a forma de vida humana permitindo a manutenção de populações e densidades demográficas muito maiores que as dos períodos anteriores, constituindo-se em uma transição com grande aumento dos impactos ambientais.

A princípio, a fonte energética das sociedades agrícolas era a energia solar, concentrada nos recursos naturais das cadeias alimentares dos ecossistemas que, através das atividades humanas de coleta e caça, subsidiava uma

segunda fonte de energia que era a agricultura. Essa proporcionou aos seres humanos um maior controle sobre a produção e assim passou a ser a fonte energética principal, responsável direta pelos maiores aumentos populacionais e de densidade (ODUM e ODUM, op. cit.). Isso provocou uma maior demanda por recursos naturais, uma maior produção e concentração de resíduos e maiores alterações nas paisagens.

O uso organizado da terra talvez tenha sido a primeira grande transformação do espaço pelo ser humano. Somados à maior agregação humana, dois novos tipos de ecossistemas surgiram: (1) o semi-natural, pelo uso dos sistemas naturais para pastagem ou fonte de alimentos para os animais domésticos e (2) o agroecossistema, pela transformação completa dos sistemas naturais em sistemas de plantio e colheita de algumas espécies vegetais, e de criação de animais (HABER, 1990).

A evolução das sociedades agrícolas preparou as bases para o surgimento das sociedades civilizadas, caracterizadas, segundo MEADOW (1982), por serem mais complexas na sua estrutura física e social. A partir disso surgiu, segundo HABER (op. cit.), um novo tipo de ecossistema caracterizado por apresentar mais componentes técnicos e estruturais, sendo o processo de urbanização crescente seu meio de propagação.

Nesse novo estágio de desenvolvimento o grau de cultura e tecnologia da humanidade permitiu um maior controle sobre os sistemas naturais para suprir não só suas necessidades de manutenção como, agora também, suas necessidades de expansão. Assim acelerou-se um pouco mais o ritmo de geração dos problemas ambientais pelos seres humanos, porém com a capacidade de suporte dos ambientes naturais ainda não muito afetada.

Este quadro se alterou por completo ao serem descobertas e utilizadas fontes de energia fóssil, derivadas do carvão e do petróleo, e principalmente pelo advento da Revolução Industrial a partir do século XVIII. Isso permitiu a utilização de mais energia por pessoa e, com a cres-

cente industrialização e mecanização agrícola, houveram benefícios imediatos às populações civilizadas que passaram a cultivar uma "ideologia de crescimento" com bases nos novos recursos energéticos, a princípio ilimitados, manejados para sua maior e melhor utilização (ODUM e ODUM, op. cit.). Iniciou-se, então, uma tendência mundial de modificação e substituição de economias agrícolas, subsidiadas pela energia solar, por economias cada vez mais tecnificadas ou industrializadas, baseadas principalmente nos combustíveis fósseis.

O desenvolvimento dos processos iniciados pela Revolução Industrial não só provocou um ataque mais forte aos ecossistemas ainda não alterados por completo, como também introduziu o problema da poluição industrial dos ambientes na era contemporânea (RAMADE, 1979b).

Atualmente, as pressões sobre os recursos naturais são incrementadas pelas necessidades materiais reais da população em expansão e pelas "necessidades" materiais criadas por uma cultura e organização social, voltadas para o consumo e produção de bens, estimuladas pela industrialização, difundidas pelos meios de comunicação, perenizadas pela pouca duração e pelo desperdício desses bens (CHARBONNEAU e RODES, 1979).

O desenvolvimento da chamada "sociedade de consumo" modificou, e continua modificando, grande parte das paisagens, transformando a superfície terrestre em um mosaico de áreas naturais, áreas semi-naturais e áreas completamente modificadas de diversos tamanhos e com graus variados de ordem, e principalmente desordem, causados pela ocupação espacial humana.

Os grandes aumentos da população e da densidade demográfica em si, e a aceleração da urbanização e êxodos rurais associados, provocaram intensa produção e concentração de resíduos não tratados, cuja absorção pelo meio natural passou a ser mais limitada, aumentando-se assim a área de influência dos problemas ambientais gerados pelos resíduos urbanos.

Outro fato importante foi a progressiva concen-

tração de poder econômico e político nos grandes centros urbanos. Deve-se isso à "ideologia de crescimento" de parte da Humanidade, com conseqüências ambientais que podem, e normalmente ultrapassam os limites locais, já que há meios de se mobilizar recursos naturais a distâncias cada vez maiores, proporcionados pelos sistemas de comunicações e transportes desenvolvidos pela principal força motora dos centros urbanos, que são os subsídios dos combustíveis fósseis (ODUM e ODUM, op. cit.).

Portanto, chegou-se a um quadro de conflito Natureza-Sociedade Técnica que opõe uma biosfera limitada a um crescimento exponencial que produz sistematização acelerada da sociedade e um caos do meio ambiente (natural, social, humano), segundo CHARBONNEAU e RODES (op. cit.).

A falta de preocupação com as alterações ambientais é comum no pensar da sociedade contemporânea, sendo seu sistema cultural-sócio-econômico-político baseado na exploração irracional da Natureza, como se os recursos energéticos e materiais dessa fossem ilimitados e providos de mecanismos permanentes de recuperação. A idéia de domínio sobre o meio natural, seja na economia capitalista ou marxista, coloca o ser humano à parte, exterior à Natureza, o que aprofunda mais a crise ecológica na economia contemporânea (BRETAS, 1983). Os indivíduos perderam a noção do seu papel dentro dos sistemas energéticos e culturais, progressivamente maiores e mais complexos, dos quais participam (ODUM e ODUM, op. cit.).

A perda da referência natural do caráter humano, durante a evolução das civilizações ocidentais, foi causada em parte pelo antropocentrismo da Filosofia Clássica e pelos pregadores e divulgadores da Bíblia, onde há passagens de natureza essencialmente antropocêntrica, enfatizando a função utilitária da Natureza para a Humanidade, além de relatos ambíguos e conflitantes sobre isso, ocultados pelos mesmos pregadores, segundo THOMAS (1988). Esse mesmo autor critica a tentativa de outros autores, de estabelecer a tradição judaico-cristã como a responsável pela idéia do predomínio humano sobre o mundo natural, uma vez que, mesmo

em alguns países orientais com tradição mais naturalista não se evitaram as diversas formas de poluição, sendo um outro exemplo, o fato de que a pressão do comércio internacional de peles foi a verdadeira causadora da caça predatória e não a substituição do animismo pagão pelo Cristianismo.

O estudo da História e a observação do presente sugerem raízes filosóficas, religiosas e tradicionais, em várias culturas, para a idéia de supremacia humana, porém atualmente as razões econômicas, subsidiadas no início por essas raízes, são certamente as causadoras dos problemas ambientais.

Sejam as causas da ruptura acentuada do ser humano com a Natureza de origem filosófica, religiosa ou econômica, fato é que a vida nas cidades se processa, de modo geral, alienada das alterações ambientais. As relações com a Natureza e com o próprio ambiente urbano praticamente inexistem, pois a estrutura social pouco permite e o ser humano encontra-se atolado na própria cultura que criou (SIMONNET, 1981).

Nessa conjuntura encontram-se ainda os atuais sistemas de ensino que são bastante compartimentados em especializações que não se conectam, havendo assim sobrecarga de informações que não levam necessariamente o entendimento aos indivíduos.

1.2- Do Quadro Atual ao Futuro : Propostas Gerais deste Trabalho

O quadro geral contemporâneo é bastante indesejável e preocupante, fazendo-se, assim, necessária uma grande mudança.

ODUM e ODUM (op. cit.) consideram a expansão das sociedades contemporâneas, fortemente subsidiadas por fontes energéticas fósseis, como causadora de grandes distorções entre as diversas sociedades do planeta, e absolutamente incompatível com a economia natural da qual os seres

humanos fazem parte. Ao fazerem essas críticas, esses autores propõem adaptações a níveis energéticos mais baixos para essas sociedades, transformando-se suas economias, de estados expansivos a estados estacionários. Para isso os sistemas de ensino teriam papel importante no auxílio a transições brandas e no desenvolvimento das condições futuras. Assim, esses autores sugerem que os estudos básicos e aplicados de Ecologia sejam referenciais de integração multi e interdisciplinares que coloquem o ser humano como parte e não à parte dos sistemas naturais.

O resgate da condição natural da Humanidade pode ser alcançado ao se investigar os grupos humanos que têm consciência da sua capacidade de crescimento em função da capacidade natural de suporte do ambiente e seu manejo adequado (RIBEIRO, 1986), ou ainda, invertendo-se recursos para a investigação e entendimento dos processos humanos civilizatórios em si, dos processos naturais em si, de suas inter-relações e modificações no sentido de integrar esses processos a longo prazo.

Assim, a necessidade de uma reformulação tão profunda do ambiente e dos valores, não pode ocorrer senão dentro de um novo quadro de educação e informações suficientemente coordenadas e suficientemente generalizadas para, efetivamente, permitir aos usuários em geral a possibilidade de forjar uma vontade política coerente que os torne aptos para a ação (LAPOIX, 1979). Ainda, segundo esse autor, seria impossível, numa ação de tal envergadura, separar a educação, a motivação e a informação, como tem sido feito até agora.

A preocupação com a qualidade de nosso ambiente físico e com a qualidade de vida vem crescendo. Além disso, o relacionamento do ser humano com o seu ambiente é de interesse de muitas áreas como arquitetura, planejamento urbano e regional, engenharia civil e sanitária, administração florestal de parques, geografia, biologia, sociologia, psicologia, etc. (HEIMSTRA e McFAIRLING, 1978). Portanto, a abordagem holística e sistêmica do mundo surge como uma metodologia necessária, que permite reunir a totalidade dos

sistemas estudados, bem como suas interações e interdependências. Para isso, diz LAPOIX (op. cit.), deve-se associar os conhecimentos proporcionados pelo ensino atual a uma abordagem holística e sistêmica do meio ambiente, para se conseguir um instrumento eficaz de aquisição de saber e ação.

O conceito de Sistemas em Ecologia, presente no trabalho conceitual de MARGALEF (1968) e nos trabalhos aplicados, organizados por PATTEN (1971), tem como características principais, uma certa simplicidade na concepção de suas unidades ou subsistemas, seu arranjo e sua funcionalidade, as quais permitem maior visualização, maior clareza na formulação e testes de teorias, e de modelos dos objetos de estudo.

Os trabalhos relativos aos sistemas ecológicos que envolvem a água doce, o ciclo hidrológico e seu manejo pelos seres humanos, assumem importância elevada, pois a água doce é o mais importante recurso da Humanidade individualmente considerado (DREW, 1976). Isso se confirma na afirmação de FRIEDEL (1979), de que não existe ciclo biológico da água pura, mas todos os ciclos biológicos particulares têm a água por veículo ou por suporte. Ainda segundo DREW (op. cit.), foi, em parte, por causa da absoluta importância da água potável, que a alteração na sua ocorrência no tempo e no espaço provocou as primeiras tentativas do ser humano em modificar o seu ambiente natural.

MARGALEF (1986) diz que o estudo dos rios de uma bacia hidrográfica pode apresentar, na análise dos estados ecológicos de suas águas, fotografias atualizadas dos processos ecológicos que ocorrem na bacia, inclusive aqueles devidos às atividades humanas de ocupação do solo e utilização da água.

Nesse contexto, as Bacias Hidrográficas podem ser tratadas como Sistemas ou Unidades Ecológicas integradoras dos vários Subsistemas que se inter-relacionam, como por exemplo: cidades-área rural-áreas preservadas-rio. Isso permite intensa pesquisa multi e interdisciplinar necessária para o entendimento do sistema, gerando informações que

podem ser também utilizadas para Educação Ambiental da população em geral e treinamento de professores e alunos de 1º e 2º graus em Ecologia (TUNDISI, 1986; TUNDISI e SCHIEL, 1986).

Portanto, as informações de qualidade científica sobre corpos d'água, são de fundamental importância para o processo de conscientização dos grupos sociais que deles se utilizam. Para isso, esse trabalho pretende colaborar na pesquisa do Rio do Monjolinho e sua Bacia Hidrográfica (São Carlos, Ibaté-SP), que percorre os ambientes rural e urbano simultaneamente, visando reunir informações já existentes e gerar novas informações para maior conhecimento do sistema e envolvimento de grupos que vivam na região, através da Educação Ambiental, além de indicar formas de pesquisa para um futuro manejo ecológico da bacia hidrográfica.

1.3- A Bacia Hidrográfica como Sistema e o Subsistema Rio : Algumas Referências Bibliográficas

São poucos os trabalhos no Brasil que têm a bacia hidrográfica como unidade mínima de estudo ecológico, e que adotam perspectivas sistêmica e holística como estratégias de pesquisa.

Um exemplo desse tipo de abordagem são os trabalhos desenvolvidos e coordenados por TUNDISI (1986) na Bacia Hidrográfica do Ribeirão e Represa do Lobo (Broa), nos Municípios de Itirapina e Brotas, Estado de São Paulo. Um grande número de pesquisas básicas e aplicadas foram e estão sendo desenvolvidas principalmente em Limnologia de Represas, desde 1971, e visam, dentro de prazos variados e conforme o grau de informações geradas e acumuladas, o planejamento ambiental e manejo das bacias hidrográficas da região, com a participação crescente das sociedades regionais de conservação e do público em geral na discussão dos problemas ambientais (TUNDISI, 1986; TUNDISI et al., 1988a; TUNDISI, 1990).

Nos últimos anos tem havido grande diversificação nas pesquisas dessa bacia, principalmente devido ao impulso

gerado pelo Curso de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, desde 1989, no Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada (CRHEA) da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP), às margens da Represa do Lobo. Além da ampliação das pesquisas limnológicas na represa, pode-se destacar maior ênfase: (1) nos estudos da dinâmica de nutrientes em sedimentos de áreas alagadas, tendo como exemplo o trabalho de WHITAKER e TUNDISI (1988) entre outros mais recentes; (2) na pesquisa de rios da bacia e da região, como por exemplo, entre outros, o trabalho de MATHEUS e TUNDISI (1988), o de monitoramento físico-químico das águas de alguns rios da Área de Proteção Ambiental (APA) Corumbataí-Tejupá, trabalhos de mestrado na Bacia do Ribeirão do Feijão, além deste trabalho; (3) no desenvolvimento e ampliação do processo de Educação Ambiental na bacia hidrográfica, com treinamento para professores e alunos do Sistema de Ensino (TUNDISI et al., 1988a) e esse trabalho; (4) nos estudos de reflorestamento baseado em vegetação remanescente da área, sendo exemplo o projeto desenvolvido por REIS (1990).

Na Bacia do Rio do Monjolinho existem vários estudos referentes a várias de suas características, porém sem o enfoque holístico, exemplo disso são, entre outros, os trabalhos de caráter:

- (1) Climático (TOLENTINO, 1967)
- (2) Geológico e Águas Subterrâneas (BJORNBERG e TOLENTINO, 1959)
- (3) Geomorfológico (TOLENTINO et al., 1968)
- (4) Geológico e Geotécnico (BORTOLUCCI, 1983; ZUQUETTE, 1981)
- (5) Geológico e Geotécnico visando planejamento urbano (GONÇALVES, 1986; AGUIAR, 1988)
- (6) Pedológico (OLIVEIRA e PRADO, 1984; LORANDI, 1985)

(7) Urbanístico (AMADOR, 1981; BISINOTTO, 1988)

(8) Histórico (BRAGA, 1894; CAMARGO, 1928; MOURA, 1967; NEVES, 1983)

(9) Estatístico, Sócio-Econômico (PMSC, 1989)

(10) Limnológico na Represa do Rio do Monjolinho, na UFSCar (referências citadas em NOGUEIRA, 1990)

(11) no ambiente lótico, trabalhos considerando alguns aspectos como medição de algumas variáveis físico-químicas e outros mais abrangentes que serão citados mais à frente.

Esse trabalho, como já foi enfatizado, procurará colocar o ser humano como parte dos sistemas naturais, utilizando para isso abordagem sistêmica e holística para o estudo da Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho. Essa bacia é especialmente interessante por apresentar gradientes urbano-rurais que podem ser bastante explorados no que se refere à pesquisa ecológica de ambientes perturbados por ação antrópica (McDONNELL e PICKETT, 1990; LIMBURG e SCHMIDT, 1990). Porém, a princípio, maior atenção será dada ao subsistema-rio que, nesse caso, carece de muitas informações e pode apresentar diagnósticos do que ocorre na bacia hidrográfica ao se analisar os estados ecológicos de suas águas (MARGALEF, op. cit.).

Os trabalhos sobre rios no Brasil, em geral, têm caráter mais hidrológico e hidráulico, visando a obtenção de dados para o desenvolvimento de projetos e a execução de obras de barragens para captação de águas, geração de energia elétrica, projetos de irrigação, entre outros usos. A quantidade de trabalhos tende a diminuir conforme o caráter seja limnológico, ecológico, sendo os de abordagem holística em número bastante reduzido. Como exemplos, têm-se entre outros, os trabalhos a seguir:

(1) Bacia da Região Sul do Brasil: na Bacia do

Rio Guaíba (RS), trabalhos de caráter físico-químico relacionados à poluição e citados por MAIER (1983); na Bacia do Rio Maquiné (RS), sobre perfis de oxigênio dissolvido na água ao longo do rio (SCHÄFER, 1985)

(2) Bacia Amazônica: trabalhos de caráter físico-químico de águas naturais, citados por MAIER (op. cit.) e THOMAZ (1990), além de trabalhos de natureza mais ecológica e limnológica (SIOLI, 1984, 1985; JUNK, 1982; JUNK et al., 1989; WALKER, 1990)

(3) Bacia do Rio Paran: trabalhos de caráter limnológico nos trechos mais amplos do médio e baixo curso do Rio Paran, desenvolvidos principalmente por pesquisadores argentinos, citados por MAIER (op. cit.) e THOMAZ (op. cit.); o trabalho limnológico de THOMAZ (op. cit.) no curso alto do Rio Paran; trabalhos de caracter físico-químico no Rio Mogi-Gua, citados por MAIER (op. cit.), entre eles o de MAIER (1977); trabalhos de caracter limnológico na Bacia do Rio Tietê (TUNDISI et al., 1988b), onde o grau de trofia de várias represas em seqncia  também analisado em vários rios da bacia; trabalhos sobre a dinâmica físico-química das águas de rios que desembocam em represas (MATHEUS e TUNDISI, op. cit.; HENRY, 1990); o trabalho de MAIER (1983) que considera a relao entre vários subsistemas da Bacia do Rio Jacaré-Pepira; e alguns trabalhos na Bacia do Rio Jacaré-Gua abordando diversos aspectos como: físico-químico (MATTOS, 1968), hidrológico e qualidade de gua (DNAEE-EESC, 1980), hidrológico (MATTOS, 1982; MATOS, 1987), modelagem de oxigênio dissolvido na gua (GASTALDINI, 1982), aporte de serapilheira e economia de nutrientes nas guas do Rio Itaqueri (LAMPARELLI, 1989).

Os trabalhos sobre rios na Bacia do Rio do Monjolinho são bastante escassos, sendo encontradas informaes em trabalhos desde graduao a doutoramento, de iniciao científica e aperfeiamento. Assim, DAMACENO et al. (1971), avaliaram a qualidade de água em um trecho do Rio

do Monjolinho; POVINELLI (1972) estudou a variação da DBO em parte do rio e sua relação com aspectos sanitários e de auto-depuração do rio; GOMES (1981) estudou a qualidade de águas pluviais nos córregos do Gregório e do Bicão; GARCIA (1988) fez determinações de oxigênio dissolvido e DBO ao longo do rio; e SANTOS (1990) estudou alguns aspectos limnológicos do Córrego do Gregório, afluente do Rio do Monjolinho, visando obter informações sobre o impacto urbano nas suas águas. Sabe-se ainda do desenvolvimento de trabalhos no trecho urbano do Rio do Monjolinho (invertebrados bentônicos indicadores de poluição) e em rios da bacia como o Água Fria e o Água Quente (variação espacial e temporal de comunidades aquáticas), por pós-graduandos do Curso de Ciências da Engenharia Ambiental na EESC-USP.

Portanto nota-se, com algumas exceções, a quase inexistência de trabalhos com enfoque holístico e sistêmico na região e na bacia, o que justifica a necessidade desse e de outros trabalhos.

1.4- Pesquisa Ecológica de Rios : Conceitos e Metodologia

A pesquisa do subsistema-rio é um trabalho difícil, porém bastante interessante, devido ao alto grau de variabilidade espacial e temporal de muitas de suas características. Assim, a caracterização ecológica de um rio deve considerar o encadeamento espaço-temporal de suas comunidades bióticas, direcionado principalmente pelo trabalho desenvolvido pelo fluxo d'água e pelos processos climáticos, geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, hidráulicos, ou físicos, químicos e biológicos em geral, que ocorrem em escalas de tempo e espaço bastante diferenciadas e que podem variar muito de bacia a bacia, de região para região e conforme o grau de interferência antrópica na bacia hidrográfica em questão. Isso torna os rios entidades bastante individualizadas (HYNES, 1971).

O ecossistema rio é um sistema essencialmente

aberto (HYNES, 1970) e, por isso, há grande dificuldade para os ecólogos que o estudam em definir seus contornos, já que ao longo de seu comprimento existe grande influência dos sistemas terrestres adjacentes (STATZNER, 1987).

As pesquisas ecológicas de rios que inicialmente eram baseadas em estudos descritivos de organismos (morfo-
logia, ciclos, etc.) evoluíram para estudos mais quantitativos desses e, posteriormente, estudos mais sinecológicos em trechos de rio evoluíram para abordagens mais sinecológicas e holísticas no sistema rio como um todo (MINSHALL et al., 1985).

Nessa perspectiva, encontram-se a princípio os trabalhos de ODUM (1956, 1957), sobre produtividade e metabolismo em rios, e MARGALEF (1960) lançando idéias para uma teoria ecológica, vindo a seguir uma infinidade de trabalhos de diversos autores.

FISHER e LIKENS (1973) verificaram, ao fazerem um balanço energético de um rio, a importância do processo heterotrófico, baseado na entrada de detritos orgânicos proveniente do sistema terrestre adjacente, para o fluxo de energia da comunidade fluvial. Essas informações, junto a outras de diversos autores geraram uma concepção de estrutura e função ecológica dos sistemas lóticos por CUMMINS (1974). Essa concepção baseava-se na estruturação de grupos funcionais de organismos, especialmente invertebrados bentônicos, para o processamento de diversos tamanhos de material orgânico autóctone, gerado dentro do sistema, e principalmente alóctone, gerado fora do sistema, nos sistemas terrestres adjacentes.

A tendência de generalização do caráter heterotrófico das comunidades lóticas tinha como grande condicionante o fato de muitas das pesquisas terem sido feitas em rios de 1ª, 2ª ou 3ª ordens, fortemente sombreados pela vegetação adjacente que também lhes fornecia entradas energéticas na forma de detritos orgânicos (folhas, galhos, frutos, etc.). Essa tendência passou a ser alterada com os resultados de vários estudos sobre o processo autotrófico, em especial os apresentados na síntese de MINSHALL (1978).

Nesse trabalho, no rio que estudou em uma região desértica, encontrou como componente orgânico mais importante a produção autotrófica, com insignificante participação do material alóctone. Discutindo informações sobre heterotrofia em rios à luz dos seus resultados, esse autor concluiu que o processo autotrófico em rios deveria ser incorporado à formulação de hipóteses para o desenvolvimento de uma teoria mais robusta da dinâmica dos sistemas lóticos.

O crescente número de trabalhos e novas informações obtidas, a partir de 1970, sobre organismos e comunidades lóticas (bactérias, fito e zooplâncton, epifiton, perifiton, macrófitas, organismos bentônicos, peixes, etc.) e suas interações com o ambiente (taxas de metabolismo, balanços energéticos, etc.) encorajou alguns grupos de pesquisadores a se unirem para a elaboração de trabalhos, sínteses de conhecimentos (MINSHALL et al., op. cit.) e finalmente estruturas teóricas para o desenvolvimento da Ecologia de Rios. Um exemplo disso é o Conceito do Continuum Fluvial ('River Continuum Concept' - RCC) para as comunidades lóticas (VANNOTE et al., 1980), que sugere o ecossistema-rio como um continuum que integra uma série de gradientes físicos, aos quais se associam ajustes biológicos.

Os autores do RCC, baseados nos trabalhos de Geomorfologia de LEOPOLD et al. (1964), afirmam que os gradientes físicos ao longo de um rio seriam produto de processos geomorfológicos de longa escala de tempo, geradores do perfil longitudinal dos rios, segundo a teoria do equilíbrio dinâmico entre as tendências opostas desses processos maximizarem a eficiência de uso da energia da água corrente e de utilizarem de forma uniforme essa mesma energia ao longo do rio. A esses gradientes físicos o sistema biológico estaria acoplado, adaptado à geomorfologia e às variáveis hidráulicas, e ligado longitudinalmente, apresentando, a nível de ecossistema, a dependência dos processos ecológicos 'rio abaixo' dos processos 'rio acima'. Ou seja, as comunidades a jusante teriam forte dependência de materiais e energia não aproveitados a montante, e se estruturariam a fim de minimizar a perda de energia e maximizar a

eficiência das comunidades lóaticas, processo semelhante ao ajuste das variáveis geomorfológicas e hidráulicas previsto na teoria do equilíbrio dinâmico para o perfil longitudinal de um rio.

Históricamente um grande número de pesquisadores reconhece mudanças de estrutura das comunidades lóaticas no sentido longitudinal, porém a maioria considera, nos seus estudos sobre invertebrados, peixes e outros organismos, as comunidades apenas como segmentos e não como um continuum (MINSHALL et al., op. cit.).

MARGALEF (1983) considera o ecossistema rio como bastante diferente da maior parte dos ecossistemas que têm estratificação vertical (floresta tropical, lago estratificado, etc.), quando esse apresenta, por ação do transporte horizontal da corrente d'água, deformação dessa tendência vertical. Por comparação, o epilímnio de um lago equivaleria aos trechos das nascentes de um rio e o hipolímnio aos trechos da desembocadura de um rio. Porém, diferenças marcantes como: iluminação em todos os 'estratos', exceto nos trechos bastante sombreados por florestas, e quase nenhuma possibilidade de retorno de nutrientes e de migração de organismos dos trechos finais aos iniciais, tornam por si o sistema bastante complicado. Portanto, a semelhança entre os processos de sucessão temporal descritos por ODUM (1969) e o processo de 'sucessão espacial' da comunidade lóatica, é admitida por MARGALEF (op. cit.) como sendo uma idéia por demais simplista quando se trata de um sistema com variabilidade temporal tão intensa. Nesse sentido, esse autor considera o 'River Continuum Concept' de VANNOTE et al. (op. cit.) como a melhor concepção ecológica para as comunidades lóaticas.

O surgimento do RCC serviu ao menos para chamar a atenção para os rios como sistemas integrados e estimular a formulação e teste de hipóteses a nível de ecossistema, transformando a Ecologia de Rios de uma forma descritiva em uma forma preditiva (MINSHALL et al., op. cit.). Com isso, vários trabalhos foram realizados, muitos confirmando e ampliando as hipóteses do RCC (MINSHALL et al., 1983), outros

realizando críticas e abrindo o campo para muita discussão entre pesquisadores.

Entre outros, o trabalho de MINSHALL et al. (1983) confirmou, em geral, as hipóteses do RCC ao comparar diversos parâmetros, com padronização metodológica, entre trechos de ordem crescente, em vários sistemas lóticos de diferentes biomas dos EUA. Como ampliação do RCC, esse trabalho apresentou também a validação do 'Nutrient Spiralling Concept' (NSC), desenvolvido por vários pesquisadores citados no artigo e que considera a ciclagem de nutrientes em sistemas abertos acoplada ao transporte pela corrente, formando assim espirais e não ciclos, cujas forma e frequência ao longo do rio dependem dos mecanismos de retenção como: troncos (predominantes no trabalho em questão), represas, poços, etc., e das taxas metabólicas das comunidades a eles associadas. Outra ampliação do RCC é devida à variação de fatores não previstos a princípio como: (1) diferentes geologias e climas das bacias, (2) condições diversas da vegetação ripária, (3) presença de tributários com características diferentes das presentes, (4) presença de caracteres litológicos e geomórficos como: grandes blocos de rocha e canais trançados, respectivamente. Desses caracteres não previstos foi verificado que criavam 'rio abaixo' ou 'rio acima' novos gradientes de comunidades, o que gerou uma adaptação do RCC ao se adotar o conceito de 'Escalas Móveis' ('Sliding Scales'), já que esses caracteres introduziam mudanças na estruturação das comunidades a partir da presença deles.

Posteriormente, várias críticas e sugestões foram feitas ao RCC.

O artigo de MINSHALL et al. (1985) realiza um histórico da pesquisa em sistemas lóticos e coloca o RCC como compreendendo as quatro principais áreas de desenvolvimento da teoria ecológica de rios, de 1975 a 1985, ou seja:

(1) progressão do ponto de vista individualista (reducionista) ao ponto de vista holista,

(2) realização da ligação crítica entre a parte aquática do rio e a parte terrestre de sua bacia hidrográfica,

(3) desenvolvimento da idéia de ciclagem de materiais em sistemas abertos (NSC),

(4) reconhecimento da importância das interações bióticas para as comunidades lóticicas.

Os autores desse trabalho fazem uma espécie de autocrítica em relação aos casos que constituem exceção ao RCC, abordados em MINSHALL et al. (1983), e acrescentando as 'exceções' devidas à interferência antrópica de longo prazo, descrevem esses casos de maneira ampliada.

STATZNER e HIGLER (1985), discutindo os princípios do RCC, aceitam parte deles e refutam outros, considerando-os mais como dogmas do que hipóteses, como por exemplo: a classificação de invertebrados bentônicos em grupos funcionais, que é um princípio chave da teoria como expressão da função ecológica das comunidades lóticicas, possui problemas práticos quando outros trabalhos mostram que a dieta de invertebrados bentônicos pode ser variada dependendo da classe etária e do habitat. Outros problemas surgem quando hipóteses sobre condições não perturbadas de rios são colocadas como atributos do RCC para a comparação com outros ecossistemas lóticicos, pois o conhecimento das condições passadas dos ecossistemas é pouco e os grandes rios, quase todos com um histórico de intensa perturbação antrópica, principalmente nos seus baixos cursos, não foram considerados.

Outra forte crítica ao RCC, que provém de uma outra corrente de pesquisadores de ecossistemas lóticicos é a de que as comunidades de rios são mais física do que biologicamente controladas (STATZNER, op. cit.). Portanto, de acordo com esse ponto de vista, são necessários aperfeiçoamentos metodológicos para melhor descrever as variações do ambiente físico, principalmente as características do fluxo

(hidrodinâmica) que são pouco conhecidas em termos de microhabitats que formam mosaicos no leito dos rios, onde muitos organismos habitam. Segundo STATZNER (op. cit.) a combinação de parâmetros como velocidade média da corrente, profundidade, rugosidade do substrato, viscosidade e declividade da superfície da água pode ser utilizada apenas em condições normais de alta ou baixa vazão e não em condições de picos de cheia durante chuvas intensas de curta duração, sendo necessárias a elaboração de técnicas alternativas. Isso se torna necessário, pois diversos grupos de organismos são drasticamente reduzidos em sua população após eventos dessa natureza, sendo o tamanho posterior dessas populações controlado pelas diferentes taxas de regeneração e diferentes mobilidades de cada tipo de organismo. Nesse sentido, o autor propõe pesquisas para se estabelecer uma ordenação dos ecossistemas lóticos, em função do grau de resposta de regeneração das comunidades que sofram o stress de eventos climáticos fortes.

Outras críticas são feitas ao RCC por JUNK et al. (1989) principalmente pelo fato, já mencionado, de ser desenvolvido em pequenos rios de clima temperado e extrapolado para rios em geral, além de, mesmo sendo elaborado com uma perspectiva geomorfológica de uma bacia hidrográfica, apenas considerar habitats permanentes e lóticos. Esses autores têm pesquisado sistemas de rios com amplas planícies de inundação que são periodicamente inundados, o que confere características especiais às comunidades, bastante diferentes das de ambientes somente lóticos ou lênticos. Os pulsos periódicos de inundação na planície são as forças controladoras da biota nesses sistemas, baseadas nas trocas laterais de materiais entre o curso d'água e a planície adjacente, e a reciclagem de nutrientes na planície. Os autores denominam esses mecanismos de 'Flood Pulse Concept' (Conceito dos Pulsos de Inundação) que, diferentemente do RCC, apresenta a biomassa animal do rio dependente direta ou indiretamente da produção orgânica nas planícies de inundação, e não do transporte 'rio-abaixo' da matéria orgânica produzida 'rio-acima' na bacia hidrográfica.

Essa dimensão lateral dos sistemas com planície de inundação é também abordada por AMOROS et al. (1987) que sugerem uma metodologia de pesquisa que considera um sistema lótico em três dimensões: (1) a longitudinal, (2) a transversal ou lateral, que considera o curso principal, 'braços' laterais, pântanos, planícies de inundação e interconexões, e (3) a vertical, que considera as relações entre as águas sobre o substrato com as águas subterrâneas. Há ênfase ainda na dimensão temporal, a qual considera mudanças na dinâmica dos rios durante o desenvolvimento das bacias hidrográficas por vários séculos de interferência antrópica.

Ainda como complemento, pesquisas ecológicas sobre sedimentos de áreas alagáveis (MITSCH e GOSSELINK, 1986), sobre a interação entre o rio e subsistemas terrestres (KARR e SCHLOSSER, 1977) e sobre poluição (HYNES, 1971) devem ser intensificadas.

Outra alternativa para a pesquisa ecológica de rios é apresentada nos trabalhos de SABATER e ARMENGOL (1986), SABATER et al. (1987) e SABATER et al. (1989). Esses autores espanhóis consideram insuficientes, tanto a abordagem de VANNOTTE et al. (op. cit.), na qual a biota lótica exerce papel importante na estruturação da comunidade, quanto a abordagem de STATZNER (op. cit.), que defende a predominância de fatores físicos na distribuição espacial da biota lótica. Segundo os autores citados, essas abordagens, embora diferentes, baseiam-se em rios não perturbados por mudanças abruptas nas suas entradas externas, e sugerem a metodologia de WARD e STANFORD (1983) (in SABATER et al., 1989), que pode ser aplicada aos dois tipos de rios, perturbados e não-perturbados.

Essa metodologia tenta prever o efeito de uma baragem em um gradiente de condições ambientais de um rio, sugerindo que a construção de uma represa romperia esse gradiente e produziria um desvio longitudinal nos parâmetros analisados, sendo esse desvio denominado 'distância de descontinuidade' e expresso em unidades de comprimento. Os autores espanhóis sugerem a utilização dessa mesma metodo-

logia para a medida de outros fatores de mudança, como a poluição e entrada de afluentes, entre outras causas de descontinuidade.

Essa pequena revisão bibliográfica das pesquisas em Ecologia de Rios e a evolução dos conceitos e métodos, não pretende que esse trabalho no Rio do Monjolinho contemple, a princípio, toda essa quantidade e variedade de possibilidades da pesquisa de sistemas lóticos. Porém, pode servir como base conceitual e metodológica para balizar o princípio dessa pesquisa e seu futuro, no que se refere aos seus objetivos, e para facilitar a escolha da grandeza (tamanho) do sistema e seus subsistemas a serem inicialmente escolhidos (CHRISTOFOLETTI, 1979) e dos parâmetros e variáveis que, a princípio, possam mostrar propriedades emergentes do ecossistema (ODUM, 1986).

2. OBJETIVOS

1. Desenvolvimento de um conjunto de informações sobre o Rio do Monjolinho e sua Bacia Hidrográfica, considerando-os um Sistema Ecológico composto de diversos subsistemas que interagem no tempo e no espaço, em escalas variadas.

2. Desenvolvimento prioritário de informações do Subsistema Rio, devido à capacidade de seus estados ecológicos refletirem alguns processos que ocorrem na Bacia Hidrográfica.

3. Medição dos valores de algumas variáveis importantes que indiquem qualidade ambiental e mostrem estados ecológicos do rio em períodos sazonais característicos do clima tropical (vazante e cheia) e períodos intermediários.

4. Identificação dos subsistemas e processos ecológicos mais importantes que atuam na bacia hidrográfica e sua rede de drenagem.

5. Em função dos resultados obtidos, proposição de sugestões para a recuperação ambiental, para o início de um Plano de Educação Ambiental e para a continuidade de pesquisa científica com enfoque ecológico no Rio do Monjo-

linho e sua Bacia Hidrográfica.

6. Esses objetivos anteriores deverão ser desenvolvidos visando as seguintes atividades e objetivos futuros:

- (a) Partindo-se de um grupo de trabalho com características próprias, procurar, no trabalho a se desenvolver, ligar o seu dia a dia à história de um rio e sua bacia hidrográfica, localizadas na região onde vive o grupo, em um processo de conscientização participativo.
- (b) Procurar oferecer subsídios para que o grupo tenha sua percepção aumentada, ganhe auto-confiança e possa, no futuro, tomar iniciativas no sentido da resolução dos problemas ambientais percebidos.
- (c) Procurar criar um processo de informações de qualidade que considere as formas de comunicação, as linguagens utilizadas pelo grupo.
- (d) Procurar estimular o grupo, para que difunda as informações obtidas no trabalho, e procurar utilizar as informações de pessoas a ele ligadas de alguma forma.
- (e) Procurar fazer com que o processo de conscientização contemple não só o plano intelectual, como planos sensoriais.
- (f) Conforme o sucesso do trabalho, procurar estender a ligação entre a história do rio e de sua bacia hidrográfica e a história das pessoas do grupo, aos demais problemas

ambientais; bem como procurar exercitar a elaboração de soluções e início de suas práticas quando possível.

3. METODOLOGIA

3.1- Metodologia Geral e Estrutura do Trabalho

A metodologia geral deste trabalho teve duas partes distintas:

- (a) Acumulação de informações e conhecimentos gerados anteriormente sobre o Rio do Monjolinho e sua Bacia Hidrográfica, através de pesquisa bibliográfica, consulta a especialistas de diversos campos científicos em Universidades, Institutos de Pesquisa e outras instituições, além de pessoas que tivessem alguma relação com a Bacia em questão.
- (b) Geração de novas informações, através de reconhecimento dos locais de estudo, coletas, medidas, análises e sínteses de resultados obtidos. O subsistema-Rio foi privilegiado nesse sentido, dados os motivos anteriormente explicados.

Tanto o processo de obtenção quanto o de reorganização das informações desse trabalho tiveram como guia uma estrutura baseada numa perspectiva histórica da evolução do Rio do Monjolinho e sua Bacia Hidrográfica, pois

julga-se que os eventos que determinaram a atual configuração do seu sistema físico, químico e biológico ocorreram, de modo geral, cronologicamente, evoluindo em seqüências de causas e efeitos. Desta forma, os estudos teóricos e práticos, necessariamente, ocorreram dentro de uma lógica de encadeamento interdisciplinar. Portanto, a estrutura desta pesquisa, descrita a seguir, veio contemplar uma seqüência histórica, que pode conduzir ao raciocínio e interligação dos fatos, conforme eles se desvendem nas várias interfaces interdisciplinares.

A Figura B.1 mostra a estrutura na qual se desenvolveu esse trabalho.

Por História Natural do Rio e sua Bacia Hidrográfica entende-se a evolução dos cursos d'água e vizinhanças na região sob os pontos de vista geográfico, climático, geológico, geomorfológico, hidrológico, hidráulico, pedológico, físico, químico e biológico.

Por História do Rio e sua Bacia Hidrográfica a partir das Intervenções Humanas mais intensivas entende-se a evolução da ocupação humana na bacia, suas intervenções e os problemas gerados nos cursos d'água.

Por Atualidade entendem-se os atuais estados ecológicos dos cursos d'água na bacia hidrográfica, além das informações atuais obtidas nos outros blocos.

Cabe aqui ressaltar que a simplicidade das inter-relações apresentadas entre os blocos da Figura B.1 apenas serve para orientar o trabalho de coleta e organização das informações, já que a totalidade e a dinâmica dos fatores de evolução da bacia hidrográfica como um todo parecem ser, a princípio, bastante complexas, com expressão em escalas de tempo e de espaço bastante variadas. Além disso, esse trabalho é uma tentativa de um primeiro olhar ecológico sobre essa bacia hidrográfica com as devidas limitações das variáveis e métodos empregados.

A seguir têm-se mais detalhes dos blocos da estrutura de trabalho e métodos que foram utilizados em cada unidade.

Bloco 1: História Natural do Rio e sua Bacia Hidrográfica - Evolução da Paisagem da Bacia Hidrográfica na Região - informações históricas e situação atual.

Características Pesquisadas:

- . Geografia
- . Clima
- . Geologia
- . Geomorfologia
- . Pedologia
- . Vegetação Terrestre

Métodos:

- . Pesquisa bibliográfica
- . Consulta a especialistas
- . Consulta a mapas
- . Reconhecimento no campo
- . Confecção de material para interpretação

Bloco 2: História do Rio e de sua Bacia Hidrográfica a partir das intervenções mais intensivas - história regional e situação atual.

Características Pesquisadas:

Contexto cultural-sócio-econômico-político:

- . Ocupação espacial (urbana, rural, natural)
- . Atividades humanas
- . Utilização das águas
- . Problemas gerados

Métodos:

- . Pesquisa bibliográfica

- . Consulta a especialistas e órgãos públicos
- . Utilização de mapas e fotos aéreas e de satélites para a estimativa de áreas de ocupação (cidade e agricultura) e de vegetação nativa, com a utilização de planímetro

Bloco 3: Atualidade - Os Cursos d'Água na Bacia Hidrográfica

Características Pesquisadas:

- . Perfil longitudinal e perfis transversais do rio principal - variáveis morfométricas e hidráulicas do leito e variáveis físico-químico-biológicas da água
- . Entradas dos principais afluentes no rio principal - mesmas variáveis anteriores
- . Medidas de metabolismo de comunidades bióticas em dois trechos do rio principal com trofias diferentes (taxas de produtividade primária, taxas de respiração) e variação diurna de nutrientes
- . Identificação de propriedades emergentes do ecossistema rio através dos resultados anteriores

Métodos:

a) Para o levantamento do perfil longitudinal do rio principal foram escolhidos:

1- Pontos de Coleta em função, a princípio, da geomorfologia, de caracteres antrópicos da bacia hidrográfica, dos afluentes principais e do grau de dificuldade de acesso aos pontos.

2- Períodos de Coleta sazonais característicos

(cheia e vazante) e intermediários.

3- Variáveis:

- V. Morfométricas e Hidráulicas do Leito:

- . distância das nascentes, cota, declividade
- . forma do canal, largura, profundidade média, área transversal
- . tipos de substrato
- . vazão, velocidade média
- . Métodos usados em Hidrologia e Hidráulica.

- V. Físico-Químico-Biológicas da Água:

- . temperatura da água e do ar
- . oxigênio dissolvido e porcentagem de saturação em oxigênio dissolvido
- . material em suspensão (total, orgânico e inorgânico)
- . condutividade elétrica
- . pH, alcalinidade, carbono inorgânico total, gás carbônico dissolvido
- . nitrogênio total e fósforo total
- . nutrientes dissolvidos (nitrato, nitrito e amônio, fosfato dissolvido total, fosfato dissolvido inorgânico, silicato reativo)
- . clorofila a total em suspensão
- . Métodos usados em Limnologia.

As variáveis escolhidas são, muitas delas, limitadas e gerais, pois seus valores refletem a influência de vários processos agindo simultaneamente. Porém, a princípio, podem dar uma idéia inicial sobre os compartimentos

espaciais do rio e seu comportamento temporal em função dos processos físicos, químicos e biológicos, que podem ser inferidos a partir dos valores obtidos para cada coleta de campo.

Sabe-se que o conhecimento sobre os substratos de diversos trechos de um rio é muito importante para a sua ecologia, porém, como uma primeira aproximação do sistema, foram feitas coletas apenas de amostras de água corrente subsuperficial, devido ao elevado grau de poluição do Rio do Monjolinho por esgotos domésticos e industriais, que oferece riscos de saúde a princípio, e pela dificuldade de acesso a determinados locais para a coleta de sedimentos. Para a coleta de água subsuperficial considerou-se como pressuposto, a capacidade de homogeneização química das águas turbulentas de um rio (HYNES, 1970).

Pelos valores das variáveis morfométricas e hidráulicas do leito do rio, acoplados aos das variáveis físico-químico-biológicas, podem-se caracterizar os processos decorrentes da força unidirecional do fluxo d'água, que formam ambientes deposicionais ou erosivos (CHRISTOFOLETTI, 1980, 1981), bem como os processos biológicos na água relacionados a esses ambientes, com variações, seja pela presença ou não de vegetação arbórea marginal, planícies de inundação e lagoas laterais (MATHEUS e TUNDISI, op. cit.; MAIER, 1983), seja pela presença ou não de poluição antrópica (HYNES, 1971).

b) As entradas dos afluentes principais foram avaliadas em pontos dos afluentes em locais próximos à desembocadura no rio principal, através das medidas dos valores das variáveis ambientais, anteriormente mencionadas, nos períodos de coleta no rio principal.

c) As medidas das taxas de metabolismo em dois trechos do rio principal com trofias diferentes foram feitas segundo metodologia descrita em ODUM (1956), modificada e descrita em OWENS (1974). Essa metodologia baseia-se em um balanço diurno de oxigênio dissolvido nas águas de um

trecho de um rio, conhecendo-se o tempo de trânsito entre as duas estações de coleta que delimitam o trecho.

Aproveitando-se as coletas diurnas para o oxigênio dissolvido, foram feitas também coletas para se estudar a dinâmica diurna dos nutrientes dissolvidos nos trechos em questão.

3.2- Metodologia mais detalhada para o Subsistema-Rio

3.2.1- Variáveis Ambientais - materiais e métodos

São apresentados a seguir os materiais e métodos utilizados para a determinação dos valores de cada variável ambiental:

VARIÁVEIS	MATERIAIS	MÉTODOS
a) <u>Morfométricas e Hidráulicas do leito</u>		Usuais em Hidrologia e Hidráulica, descritos em VILLELA e MATTOS (1975) e LIMA (1986)
Distância das Nascentes, Cota, Declividade	folhas topográficas da região da bacia hidrográfica em escala 1:10.000 (SEPLAN/SP, 1979)	Medidas diretas nas folhas
Largura, Profundidade Média, Área Transversal, Velocidade Média, Vazão	trena, corda graduada, haste graduada, molinete marca HI-DROCEAN	Área-Velocidade, descrito em LIMA (op. cit.)
b) <u>Físico-Químico-Biológicas da Água</u>		Usuais em Limnologia
Temperatura da Água, Temperatura do Ar	termômetro com bulbo de mercúrio	Leitura direta na água e à sombra
Oxigênio Dissolvido	coletor, frascos de coleta, soluções reagentes e vidraria apropriada, agitador magnético e bureta automática Methrom	Titulométrico de Winkler modificado, descrito em GOLTHERMAN et al (1978)
Porcentagem de Saturação em Oxigênio		Cálculo, descrito em GOLTHERMAN et al (op. cit.)
Material em Suspensão (Total, Orgânico e Inorgânico)	frascos de coleta, equipamento de filtragem Milipore com bomba a vácuo, filtros Milipore AP-20, balança de precisão METLER AR45, cápsulas cerâmicas, estufa e mufla FANEM	Gravimétrico, descrito em TEIXEIRA et al (1965)

VARIÁVEIS	MATERIAIS	MÉTODOS
Condutividade Elétrica	Condutivímetro DIGIMED CD-2P	Eletrométrico, descrito em GOLTERMAN et al (op. cit.)
Alcalinidade	coletor, frascos de coleta, soluções reagentes, vidraria apropriada, agitador magnético e bureta automática	Titulométrico, descrito em GOLTERMAN et al (op. cit.)
Carbono Inorgânico Total e Gás Carbônico Dissolvido		Cálculos, descritos em GOLTERMAN et al (op. cit.)
Nitrogênio Total (N_T)	frascos de coleta, soluções reagentes e vidraria apropriada, autoclave e espectrofotômetro Micronal B-280	Espectrofotométrico, descrito em VALDERRAMA (1981)
Fósforo Total (P_T)	frascos de coleta, soluções reagentes e vidraria apropriada, autoclave e espectrofotômetro Micronal B-280	Espectrofotométrico, descrito em VALDERRAMA (op. cit.)
Nitrito Dissolvido (NO_2^-)	filtrado em filtro WHATMAN GF/C, soluções reagentes e vidraria apropriada, espectrofotômetro Micronal B-280	Espectrofotométrico, descrito em GOLTERMAN et al (op. cit.)
Nitrato Dissolvido (NO_3^-)	filtrado em filtro WHATMAN GF/C, soluções reagentes e vidraria apropriada, espectrofotômetro Micronal B-280	Espectrofotométrico, descrito em MACKERETH et al (1978)
Amônio Dissolvido (NH_4^+)	filtrado em filtro WHATMAN GF/C, soluções reagentes e vidraria apropriada, espectrofotômetro Micronal B-280	Espectrofotométrico, descrito em KOROLEFF (1976)
Fosfato Dissolvido Total (PO_4^{3-}) D.T.	filtrado em filtro WHATMAN GF/C, soluções reagentes e vidraria apropriada, espectrofotômetro Micronal B-280	Espectrofotométrico, descrito em STRICKLAND e PARSONS (1960)
Fosfato Inorgânico Dissolvido (PO_4^{3-}) I	filtrado em filtro WHATMAN GF/C, soluções reagentes e vidraria apropriada, espectrofotômetro Micronal B-280	Espectrofotométrico, descrito em STRICKLAND e PARSONS (op. cit.)
Silicato Reativo ao Molibdato (SiO_3^{2-})	filtrado em filtro WHATMAN GF/C, soluções reagentes e vidraria apropriada, espectrofotômetro Micronal B-280	Espectrofotométrico, descrito em GOLTERMAN et al (op. cit.)
Clorofila <u>a</u> Total em Suspensão	frascos de coleta, equipamento de filtração Milipore com bomba a vácuo, filtro WHATMAN GF/C, equipamento para maceração, acetona 90%, centrífuga IEKE, vidraria apropriada, espectrofotômetro Micronal B-280	Espectrofotométrico, descrito em GOLTERMAN et al (op. cit.)

A maior parte desses métodos é normalmente utilizada pelos limnólogos, porém, de forma geral, as medidas de vazão são mais familiares aos engenheiros e técnicos em hidráulica do que aos limnólogos. Portanto, é oportuno descrever-se aqui o método da Área-Velocidade para a obtenção da vazão e outras variáveis morfométricas e hidráulicas do leito.

O método, descrito em LIMA (op. cit.), é desenvolvido nos seguintes passos:

(1) Seja a seção transversal de um rio como na Figura B.2

(2) Medir a largura da seção (L) com uma trena e subdividir a seção em várias subseções, cada qual com largura \bar{L}_i

(3) A partir de uma das margens, para cada \bar{L}_i medir a profundidade p_i

(4) Conforme a profundidade p_i , determinar as profundidades de mergulho do molinete (medidor de velocidade), a fim de se calcular a velocidade média (\bar{v}_i) nessa vertical. As profundidades de mergulho do molinete podem ser obtidas na tabela a seguir:

Profundidade da sub-seção (m)	Profundidade de submersão do molinete (% sobre o total)	\bar{v}_i
0,3 - 0,6	60	$v_{0,6}$
0,6 - 3,0	20 e 80	$1/2 (v_{0,2} + v_{0,8})$
3,0 - 6,0	20, 60 e 80	$1/4 (v_{0,2} + 2 v_{0,6} + v_{0,8})$
> 6,0	S, 20, 60, 80 e F	$1/10 (v_S + 3 v_{0,2} + 2 v_{0,6} + 3 v_{0,8} + v_F)$

onde: S = Superfície: molinete a 30 cm abaixo da superfície

F = Fundo: molinete a 30 cm acima do fundo

Esse procedimento para a determinação das velocidades é necessário, pois o atrito da água com o leito do canal faz com que os valores da velocidade cheguem a se anular, aumentando das margens ao centro e do fundo à superfície, havendo aí uma pequena redução devido ao atrito da água com o ar. Portanto existem gradientes de velocidade verticais e horizontais, sendo isso considerado na elaboração da tabela para a determinação das profundidades de submersão do molinete.

(5) Tendo-se obtido os valores de \bar{L}_i , p_i e \bar{v}_i para todas as subseções (Figura B.2), calcular as sub-áreas A_i e as velocidades médias nas subseções com as seguintes expressões:

$$\text{Sub-Área } A_i = \left(\frac{p_{i-1} + p_i}{2} \right) \times \bar{L}_i$$

$$\text{Velocidade média } (\bar{v}_{A_i}) = \left(\frac{\bar{v}_{i-1} + \bar{v}_i}{2} \right)$$

(6) As vazões nas subseções serão:

$$Q_i = A_i \cdot \bar{v}_{A_i}$$

(7) A vazão total da seção será:

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i$$

(8) A área total da seção será:

$$A = \sum_{i=1}^n A_i$$

(9) A profundidade média da seção será:

$$\bar{p} = \frac{A}{L}$$

(10) A velocidade média na seção será:

$$\bar{v} = \frac{Q}{A}$$

Portanto pode-se, por esse método, obter um conjunto de medidas da forma do canal (largura L , perfil do canal com as profundidades p_i , profundidade média \bar{p} e área da seção A) e de características do fluxo (velocidades médias parciais \bar{v}_i , velocidade média na seção \bar{v} e vazões parciais Q_i e total Q).

A forma descrita do método foi a utilizada nesse trabalho, porém existem outras formas mais precisas que podem servir conforme a exigência e limitações da pesquisa.

3.2.2- Coletas para os Perfis — procedimento de campo e laboratório

a) Perfis Longitudinais

1- Escolha dos pontos de coleta de água

Baseando-se em mapas regionais variados (topográficos, geológicos, pedológicos, etc.), nos quais se encontra a bacia hidrográfica em questão, foram feitas diversas viagens ao longo do Rio do Monjolinho, desde as suas cabeceiras a Nordeste da cidade de São Carlos, até a sua desembocadura no Rio Jacaré-Guaçu, a Oeste da cidade. Assim foi possível escolher pontos de coleta de água preliminares, já em outra etapa do trabalho de campo.

Os pontos de coleta foram escolhidos, a princípio,

em função de caracteres geomórficos do curso d'água (corredeiras, planos, etc.) de caracteres antrópicos da bacia hidrográfica (mancha urbana, usina de açúcar e álcool, etc.), dos afluentes principais e do grau de dificuldade de acesso aos locais.

Uma primeira coleta de água (preliminar) foi feita para se testarem algumas hipóteses, que serão comentadas adiante, e em função dos seus resultados foram alterados alguns pontos, sendo mantidos a maioria deles para as outras coletas. Os pontos escolhidos, com descrição de algumas das suas características e localizações, estão na Figura B.48 e foram os seguintes:

Ponto 1: próximo às nascentes, após mata ciliar; estação de captação de água do S.A.A.E. (Serviço Autônomo de Águas e Esgotos da Prefeitura de São Carlos), Fazenda Santa Terezinha, bairro da Babilônia.

Entrada em trecho com características rurais (fazendas, sítios, chácaras, etc.) e suburbanas (loteamentos, universidade, etc.), com três pequenas represas.

(Ponto E1): entrada da represa da UFSCar; ponte da estrada para a Fazenda Canchim (EMBRAPA).

Ponto 2: saída da represa da UFSCar; UFSCar. Saída do trecho com características rurais e suburbanas e entrada em trecho urbano.

Ponto 3: carga total de esgotos sem tratamento da cidade de São Carlos, antes de queda d'água de 30 m; ponte do Sítio Cascatinha, usina hidrelétrica da CPFL.

Saída do trecho urbano.

- (Ponto 4): após queda d'água de 30 m; Sítio Cascatinha, usina hidrelétrica da CPFL. Entrada em trecho plano com meandros, com mata ciliar parcial e entrada dos Córregos da Água Quente e da Água Fria.
- (Ponto E2): após entrada do Córrego da Água Quente e antes da entrada do Córrego da Água Fria; Matadouro Municipal.
- Ponto 5: após meandro com mata ciliar; próximo à ponte da estrada de terra que segue ao lado do rio. Saída do trecho plano e entrada em trecho com corredeiras e mata ciliar parcial.
- Ponto 6: antes da entrada do Córrego do Can-Can, quase no final do trecho com corredeiras; ponte da estrada de terra que segue ao lado do rio.
- Ponto 7: após confluência com o Córrego do Can-Can; ponte da estrada de terra que segue ao lado do rio, próximo a Usina da Serra. Saída do trecho com corredeiras e entrada em longo trecho plano com mata ciliar parcial, áreas de inundação com macrófitas, ligação do rio com lagoa e meandros.
- Ponto 8: no início do longo trecho plano, após entrada do Córrego da Serra; ponte da estrada de terra que segue ao lado do

rio, próximo a Usina da Serra.

- Ponto 9: no meio de mata ciliar, com troncos no meio do rio; Fazenda São José.
Saída do trecho plano longo e entrada em curto trecho com corredeiras.
- Ponto 10: antes da confluência com o Rio Jacaré-Guaçu; Fazenda São José.
Saída do curto trecho com corredeiras.
- Ponto J-1: no Rio Jacaré-Guaçu, imediatamente antes da confluência com o Rio do Monjolinho; ponte da Fazenda São José.
- Ponto J-2: no Rio Jacaré-Guaçu, após a confluência com o Rio do Monjolinho e mistura das águas após trecho com corredeiras; pesqueiro da Fazenda São José.

Os pontos entre parêntesis E1 e E2 foram estações apenas da primeira coleta (preliminar), enquanto o ponto 4 foi estação das três últimas coletas. Portanto, após a coleta preliminar houve a eliminação de dois pontos e o acréscimo de um novo ponto.

2- Coleta de 4 a 8 de setembro de 1989 — Preliminar

Essa coleta foi feita em vários dias consecutivos, testando-se assim algumas hipóteses quanto ao período do dia mais adequado para serem feitas as coletas ao longo do perfil longitudinal do rio.

Considerou-se o período do final da madrugada ao início da manhã como o mais adequado para que as coletas satisfizessem um dos propósitos do trabalho. Ou seja, para

que se pudesse comparar todos os conjuntos de medidas, ponto a ponto e de coleta a coleta, sem as alterações rápidas que podem ser introduzidas na massa d'água pela ação da luz, seja pela transferência de calor e suas conseqüências metabólicas, seja pela fotossíntese e suas conseqüências metabólicas, procurou-se empregar uma metodologia na coleta preliminar, de forma a serem obtidas respostas às seguintes perguntas:

(1) Até que hora da manhã se podiam fazer as coletas sem muita alteração nos valores das variáveis pesquisadas?

(2) Qual seria a duração da coleta, considerando-se a resposta da pergunta anterior e os tempos de coleta e deslocamento entre os pontos?

(3) Haveria muita variação nos valores das variáveis de um dia para o outro no mesmo ponto, na hipótese de se optar por uma coleta parcelada em vários dias?

(4) Como variariam os valores das variáveis avaliadas num mesmo ponto, durante todo o período de coleta?

Além dessas perguntas, surgiram outras quanto à ação de caracteres geomorfológicos, hidrológicos e antrópicos do rio e de sua bacia hidrográfica sobre os valores das variáveis pesquisadas, tais como:

(5) Quais seriam os efeitos dos trechos planos?

(6) Quais seriam os efeitos dos trechos com corredeiras?

(7) Quais seriam os efeitos das entradas de alguns afluentes?

(8) Quais seriam os efeitos do trecho urbano?

(9) Quais seriam os efeitos nas águas do Rio Jacaré-Guaçu ao se misturarem com as águas do Rio do Monjolinho?

Colocadas essas questões, a estratégia adotada foi estabelecer inicialmente um período de coleta das 5 h às 9 h, escolhendo-se dentre os pontos para coletas no rio, um ponto próximo às nascentes (Ponto 1), um próximo ao meio do rio (Ponto E2) e outro próximo à desembocadura (Ponto 10) (Figura B.48), de forma que fosse feita uma avaliação da variação dos valores das variáveis nesses três pontos, durante o período de coleta hipoteticamente estabelecido como o mais adequado (5 h-9 h). Além disso, procedeu-se de maneira a se avaliar diariamente, em seqüência, grupos de pontos que caracterizassem trechos do rio, a começar pela nascente, havendo a repetição de medidas em um ponto de um dia para o outro, ou seja, iniciando-se a seqüência de pontos de um dia de coletas pelo último do dia anterior, no mesmo horário e na seqüência ao longo do rio.

As variáveis avaliadas foram: temperatura da água, oxigênio dissolvido, porcentagem de saturação em oxigênio dissolvido, material em suspensão (total, orgânico e inorgânico), nitrogênio total e fósforo total. Houveram coletas para pH e alcalinidade, porém a quebra do medidor de pH disponível impossibilitou suas determinações.

Para cada ponto houve um determinado procedimento de coleta ordenado, para se otimizar o tempo e a qualidade da coleta. Em cada dia, posteriormente às coletas eram feitas determinações das variáveis mais sensíveis imediatamente, sendo feita filtragem de material e armazenamento em condições adequadas para a determinação posterior das outras variáveis.

Sabe-se que no campo nem tudo o que se planeja funciona perfeitamente, mas dentro das possibilidades e limitações, os quadros de resultados obtidos dessa primeira

coleta, Tabelas A.3 e A.9 , Figuras B.7 a B.11, foram de excelente valia, não só em termos de se poderem fixar estratégias para as coletas posteriores, como em termos de se haverem obtido informações preliminares acerca das características físico-químico-biológicas das águas do Rio do Monjolinho, de um certo controle geomorfológico da bacia hidrográfica sobre essas características, além de notável interferência antrópica sobre elas.

Foi feito um perfil longitudinal topográfico (Cota do Ponto x Distância das Nascentes) (Figura B.4), no qual há informações, por trechos, de algumas características geomorfológicas, hidrológicas e de ocupações antrópica e natural.

Com os valores da Tabela A.9, tentou-se traçar perfis longitudinais do rio para as diversas variáveis (Figuras B.7 a B.11), utilizando-se para isso a seqüência de horários de coleta entre os pontos, como se a coleta preliminar fosse em um único dia. Nos gráficos estão marcados os pontos e os dias de coleta correspondentes.

Inicialmente pode-se observar, tanto na Tabela A.3 quanto nas Figuras B.7 a B.11, que de um dia para o outro, apesar de alguns valores de algumas variáveis se alterarem pouco, para o mesmo horário, há outros que se alteraram muito, mesmo porque houveram chuvas entre os dias de coleta, mudando-se bastante os valores de condutividade, material em suspensão, nitrogênio total e fósforo total, por exemplo, para alguns pontos. Portanto, convém para os perfis ao longo do rio, que se faça a coleta de uma só vez, no mesmo dia.

Quanto à variação nos pontos 1, E2 e 10, em três horários dentro do período de coleta hipotético das 5:00 h às 9:00 h (Tabela A.3), pouco variou a ordem de grandeza dos valores das variáveis. Observando-se os valores da porcentagem de saturação em oxigênio dissolvido, que é uma variável que expressa conjuntamente alguns efeitos da luz no corpo d'água, como a temperatura e o processo fotossintético, e é imediatamente afetada pela sua variação rápida, notou-se que, durante o período de coleta:

(1) no ponto 1 houve uma variação máxima de 20,9 pontos percentuais,

(2) no ponto E2 a variação máxima foi de 10,7 pontos percentuais,

(3) no ponto 10 a variação máxima foi de 6,7 pontos percentuais.

Não foi possível medir-se as vazões para essa coleta, porém numa avaliação simplista e subjetiva, a vazão aumenta do ponto 1 ao 10 e o contato temporal e espacial das massas d'água com o substrato bentônico, que recebe iluminação durante o dia e onde se instala grande parte dos seres autótrofos de um rio, é decrescente no sentido das nascentes à desembocadura. Claro é que muitos outros fatores interferem na variação da concentração de oxigênio dissolvido em trechos de um rio, como será visto nas medidas de metabolismo, além de poder haver variações entre rios, porém para se determinar qual a melhor estratégia para se fazerem as outras coletas, julgou-se suficientes as informações obtidas.

Portanto, o horário máximo entre 9:00 h e 9:30 h para o término das coletas foi considerado um bom horário. Onde houve a maior variação na porcentagem de oxigênio dissolvido, no ponto 1, a vazão é menor e o contato temporal e espacial entre a água e os seres autótrofos é maior, porém, sendo o ponto inicial das coletas, é feito no escuro, de acordo com o período de coleta pré-estabelecido, havendo assim anulação dos efeitos da luz no rio. Os pontos à jusante têm vazões maiores e contatos temporais e espaciais menores entre a água e os seres autótrofos, o que pode fazer com que os efeitos da luz sejam menos percebidos durante o período de coleta pré-estabelecido. Além disso, esse período de coleta pode ser ainda mais adequado, seguindo-se a linha de raciocínio, nos casos de coletas no rio em períodos de maior vazão ou cheia, ao contrário dessa coleta

preliminar, feita em período quase característico de vazante, não fossem as chuvas ocorridas entre alguns dias da coleta.

Aprovada a estratégia de coleta, iniciando-se dos pontos à montante em direção aos pontos à jusante, procurou-se examinar a possibilidade de essa ser realizada até o horário máximo estabelecido. Observando-se na Tabela A.9 o tempo gasto para a coleta em cada ponto, o tempo de deslocamento entre os pontos e, considerando-se a inexperiência da primeira coleta e o uso de um automóvel, transporte não adequado para o deslocamento em estradas de terra, julgou-se que um tempo total de coleta entre 4:20 h e 4:40 h era perfeitamente possível de ser conseguido, o que se confirmou para as coletas seguintes.

Foram feitas ainda algumas alterações de alguns pontos de coleta, já citadas, em função dos resultados obtidos na coleta preliminar, apresentados e discutidos nas seções posteriores desse trabalho. Essas alterações foram:

(1) eliminar o ponto E1, entrada da represa da UFSCar, à fim de se avaliar um trecho inteiro, das nascentes à entrada do trecho urbano, já modificado por ação humana, havendo aí três pequenas represas, fazendas, sítios, chácaras, loteamentos e lançamento de efluentes de abatedouro de aves.

(2) tomar novo ponto de coleta, ponto 4, depois da queda de 30 m, após a saída do trecho urbano e entrada em trecho rural novamente, para se avaliar o efeito da queda na qualidade de água.

(3) eliminar o ponto E2, de forma a se avaliar um trecho plano inteiro entre a queda e o próximo trecho com corredeiras, com os efeitos dos Córregos da Água Quente e da Água Fria incorporados nesse novo trecho.

3- Coleta de 24 de janeiro de 1990

Essa coleta diferiu da anterior pelas seguintes razões:

(a) ter sido realizada em um único dia, dentro do período estabelecido nos estudos da coleta preliminar.

(b) ter sido realizada em 12 pontos, com as modificações anteriormente comentadas.

(c) ter-se acrescentado as determinações de temperatura do ar, pH e alcalinidade, não realizadas na coleta anterior.

(d) ter-se realizado o transporte em camionete e não carro comum como na coleta anterior, fato este essencial, pois as estradas de acesso aos pontos estavam em estado precário, inclusive com pontes quebradas.

4- Coleta de 18 de julho de 1990

Nessa coleta algumas medidas não realizadas anteriormente foram possíveis dessa vez, conjuntamente às medidas rotineiras dos outros dois períodos de coleta, em setembro de 1989 e janeiro de 1990. Ou seja, foram acrescentadas as medidas de concentrações de clorofila a total em suspensão e de concentrações de nutrientes tais como: fosfatos dissolvidos totais, fosfatos dissolvidos inorgânicos, amônio, nitrito, nitrato e sílica reativa ao molibdato.

Quanto aos horários de coleta e metodologia utilizada para obtenção dos valores das variáveis ambientais, foram utilizados os mesmos da coleta anterior, com pequenas variações devido às novas variáveis introduzidas.

5- Coleta do dia 10 de dezembro de 1990

Foi uma coleta com procedimentos de campo e laboratório semelhantes aos da coleta anterior, diferindo porém, no fato de que houve a intercalação dos pontos de entrada dos afluentes escolhidos, na seqüência da coleta ao longo do rio.

b) Coletas nos Afluentes

Para se avaliar o tipo de influência exercida por alguns afluentes na qualidade de água do rio principal, foram realizadas duas coletas em pontos avaliados como entradas de afluentes e localizados próximos à desembocadura no rio principal.

Procurou-se na primeira coleta, no dia 1 de agosto de 1990, coletar água nos pontos em horários próximos aos que seriam realizados caso a coleta fosse feita em conjunto à coleta para o perfil longitudinal, fato esse que ocorreu para a segunda coleta, no dia 10 de dezembro de 1990, quando as coletas em cada afluente foram feitas em seqüência, intercaladas às coletas para o perfil longitudinal do rio principal.

Todas as variáveis ambientais avaliadas nas duas últimas coletas para o perfil longitudinal, também o foram para as entradas dos afluentes.

Os afluentes foram escolhidos conforme sua contribuição à vazão do rio principal e conforme características antrópicas de suas sub-bacias tais como: graus diferenciados de ocupação humana, impactos de esgotos domésticos e industriais não tratados, de mineração, de resíduos de usina de açúcar e álcool, etc.. Os pontos de coleta nos afluentes estão na Figura B.48 e são os seguintes:

Ponto Af1: Córrego Santa Maria Madalena.

Ponto Af2: Córrego do Tijuco Preto.

Ponto Af3: Córrego do Gregório.

Ponto Af4: Córrego da Água Quente.

Ponto Af5: Córrego da Água Fria.

Ponto Af6: Córrego do Can-Can.

c) Coleta em uma Seção

Nos comentários gerais sobre a metodologia utilizada para o estudo do subsistema-rio, ao se justificar as coletas apenas de água corrente subsuperficial, usou-se da hipótese de homogeneidade das características químicas das águas turbulentas de um rio, citada por HYNES (op. cit.).

A fim de se verificar a veracidade deste fato no caso do Rio do Monjolinho, foram realizadas, no dia 2 de outubro de 1990, coletas de água em cinco pontos distintos de uma única seção do rio, para as diferentes variáveis ambientais.

A seção escolhida foi uma seção larga (ponto 10) do Rio do Monjolinho, quase na desembocadura do Rio Jacaré-Guaçú. Os pontos escolhidos foram: dois, próximos a cada margem, mais três na profundidade maior da seção, ou seja, um na subsuperfície, um no meio da vertical e outro próximo ao fundo.

d) Seções, Velocidades, Vazões

Uma grande falta nesse trabalho foi a não realização de medidas de vazão simultaneamente às coletas realizadas, o que permitiria calcular, em termos absolutos, as quantidades das variáveis ambientais transportadas pelas águas do rio em cada ponto. Porém, isso não foi possível, devido a não haver disponível um meio rápido de se efetuar as medidas nos pontos em estudo, durante o período restrito

estabelecido pela estratégia de coleta adotada. O problema estaria resolvido caso houvesse a presença de réguas limimétricas nos pontos, com as respectivas curvas-chave, para o acompanhamento ágil das vazões no rio.

Mesmo assim, pela extrema importância que as vazões têm para a qualidade de água dos rios, optou-se por se fazerem:

(1) avaliações qualitativas para os diversos tipos e períodos de coleta desse trabalho, baseadas em observações no campo e informações climáticas obtidas na estação de São Carlos do VII Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (INEMET) do Ministério da Agricultura.

(2) avaliações quantitativas em algumas datas, através do método da área-velocidade, descrito em LIMA (op. cit.).

Para os pontos do perfil longitudinal e os pontos das entradas de afluentes no rio, o levantamento da forma das seções e dos perfis de velocidade da água e vazões foi realizado apenas em dias anteriores, próximos aos das coletas nos pontos, como é mostrado a seguir:

- | | |
|--------------------------------|------------|
| (1) coleta/perfil longitudinal | - 18/07/90 |
| medidas hidráulicas | - 16/07/90 |
| (2) coleta/perfil longitudinal | - 10/12/90 |
| medidas hidráulicas | - 9/12/90 |
| (3) coleta/afluentes | - 1/08/90 |
| medidas hidráulicas | - 31/07/90 |
| (4) coleta/afluentes | - 10/12/90 |
| medidas hidráulicas | - 9/12/90 |

Tentou-se realizar as medidas hidráulicas em dias próximos às coletas para os perfis longitudinais, esperando-se pouca alteração nos seus valores, porém isso não foi possível devido a mudanças climáticas de um dia a outro e outros motivos que serão apresentados e discutidos mais adiante.

3.2.3- Medidas de Metabolismo e Variação Diurna de Nutrientes

a) Medidas de Metabolismo

Em muitos ambientes aquáticos, o metabolismo de comunidades bióticas causa mudanças quantificáveis na composição química da água, havendo em geral, mudanças diurnas nas concentrações de oxigênio e gás carbônico, acompanhadas por mudanças de pH, bem como mudanças de longo prazo em concentrações de importantes elementos nutrientes como o nitrogênio, o fósforo e o silício (WESTLAKE, 1974).

Assim, um dos ideais dos ecólogos seria o de colocar todas as comunidades de interesse em enormes recipientes, medir o metabolismo total e ainda não perturbar as entradas e saídas de materiais, de energia e de produtos de excreção (ODUM, 1957).

Neste sentido, foram desenvolvidos, entre outros, métodos que se utilizam das medidas de taxas de troca gasosa (oxigênio ou gás carbônico) entre as comunidades aquáticas e o meio, de forma a se estimar taxas de respiração e de produtividade primária por meio de técnicas de incubação em frascos e recipientes, quando o metabolismo é devido à predominância de uma parte da comunidade (plâncton, bentos, etc.), e de técnicas de avaliação do metabolismo da comunidade como um todo, sem incubação, diretamente no corpo d'água (HALL e MOLL, 1975). As vantagens, desvantagens e limitações de uma ou outra técnicas podem ser encontradas em VOLLENWEIDER (1974), HALL e MOLL (op. cit.), bem como em outros livros de técnicas limnológicas.

Para riachos e rios, a metodologia desenvolvida por ODUM (1956), que avalia o metabolismo de toda a comunidade lótica em trechos definidos dos corpos de água corrente, parece ser uma das mais adequadas, podendo ser aplicada tanto para a avaliação do oxigênio, quanto do gás carbônico. Nesse trabalho em particular, o método foi aplicado para o oxigênio.

O método considera um trecho de um riacho, ou rio, delimitado por duas estações de coleta de água. Segundo ODUM (op. cit.), durante o ciclo diurno quatro principais processos afetam as concentrações de oxigênio nas águas que fluem de uma estação a outra, ou seja:

(1) há uma liberação de oxigênio na água durante o dia, como resultado da produção primária fotossintética da parte autotrófica da comunidade lótica como as algas do perifíton, macrófitas, fitoplâncton, etc..

(2) há um consumo de oxigênio da água como resultado da respiração de toda a comunidade lótica e algumas vezes devido à oxidação química das substâncias.

(3) há uma troca de oxigênio entre os sistemas atmosférico e aquático, sendo o sentido do fluxo dependente do gradiente de saturação de oxigênio dissolvido na água.

(4) pode haver ainda, ao longo do trecho, influxos de oxigênio devido à contribuição de águas subterrâneas e drenagem de águas superficiais.

Portanto, a taxa temporal de mudança na quantidade de oxigênio dissolvido na água, por unidade de área da superfície líquida do trecho do rio entre as duas estações de coleta de água, pode ser expressado por:

$$X = P - R + D + Dr$$

sendo todos os termos expressos em (g/m² h)

onde:

- X é a taxa de ganho ou perda de oxigênio por unidade de área da superfície líquida entre as estações,
 P é a taxa de produção fotossintética por unidade de área,
 R é a taxa de consumo de oxigênio por unidade de área,
 D é a taxa de absorção ou perda de oxigênio por unidade de área, devido à difusão entre o ar e a água,
 Dr é a taxa de contribuição de oxigênio por unidade de área, devido à drenagem de águas superficiais ou subterâneas para o trecho do rio em estudo.

Esse último termo, em geral, pode ser desprezado em relação à contribuição dos outros, especialmente se ao longo dos trechos considerados não houver a influência de nascentes, de entradas de afluentes com vazões não desprezíveis e, além disso, se não houverem precipitações consideráveis que alterem as vazões, a turbulência e os processos difusivos dos gases na água durante o período diurno necessário para a avaliação do metabolismo. Caso não sejam atendidas essas limitações deve-se conhecer o termo Dr para se utilizar o método. Outras limitações serão comentadas adiante.

Os outros termos podem ser calculados através das seguintes expressões:

$$(1) \quad X = (C_2 - C_1) \cdot \frac{Q}{As}$$

onde: C_1 é a concentração de oxigênio dissolvido (mg/l) na estação de entrada no trecho, no tempo T_1 e C_2 é a concentração de oxigênio dissolvido (mg/l) na estação de saída do trecho, no tempo T_2 , de forma que $(T_2 - T_1)$ seja o tempo de trânsito médio da água entre as duas estações; Q é

a vazão no trecho (m^3/h) e A_s é a área superficial líquida entre as estações (m^2).

$$(2) \quad D = K(\bar{C}_s - \bar{C})$$

onde: K é o coeficiente de reoxigenação (m/h) no trecho em estudo, \bar{C}_s é a concentração de saturação média em oxigênio dissolvido (mg/l) e \bar{C} é a média de concentrações de oxigênio dissolvido (mg/l) no trecho em estudo.

$$(3) \quad R = X - D$$

O termo R pode ser determinado à noite, pela avaliação dos termos X e D nesse período do ciclo diurno, pois o termo P (fotossíntese) tende a se anular com a ausência da luz.

A simplicidade das equações pode conduzir à falsa impressão de que a obtenção dos resultados é simples e fácil, porém muitos problemas surgem na prática e os resultados devem ser interpretados com bastante cuidado. As limitações e os problemas do método são discutidos na maioria dos trabalhos que o empregam, sendo citados alguns deles a seguir:

(1) a já comentada dificuldade de avaliação do termo D_r , quando esse não é desprezível e que limita a escolha de trechos e períodos adequados à aplicação do método (ODUM, op. cit.; OWENS, 1974).

(2) a dificuldade de avaliação do coeficiente de reoxigenação (K), devido à natureza turbulenta do sistema rio, sendo, porém, seu cálculo fundamental para o sucesso do método, exceto onde seja desprezível a sua contribuição

(ODUM, op. cit.; COPELAND e DUFFER, 1964; OWENS, op. cit.; HALL e MOLL, op. cit.).

(3) a necessidade de se ter um trecho homogêneo (HALL e MOLL, op. cit.), de maneira a se fazer um único cálculo ou medida de K, já que um trecho com substratos muito variados ao longo de seu comprimento, teria diversos graus de turbulência, dificultando a avaliação do processo de difusão do oxigênio na água.

(4) o fato de se considerar o termo R (respiração) uma constante, calculada durante a noite e extrapolada para o período diurno inteiro, é muito polêmico, verificando-se muita discussão e sugestões apresentadas por diversos autores, pois a respiração pode variar com as mudanças de temperatura, com a concentração de oxigênio e conforme a composição da comunidade (ODUM, op. cit.; OWENS, op. cit.; KELLY et al., 1974; HALL e MOLL, op. cit.).

(5) o comprimento requerido para o trecho em estudo, conforme a velocidade da água ou a intensidade de metabolismo da comunidade lótica, deve ser tal que a água fluente possa sofrer alterações metabólicas mensuráveis na concentração de oxigênio dissolvido, maiores do que o limite de precisão do método utilizado para a determinação do oxigênio dissolvido (BOTT et al., 1978).

b) Procedimento Experimental

A fim de se testar o método de medidas das taxas de metabolismo descrito e de se verificarem os seus resultados, além da dinâmica diurna de variação de nutrientes, foram escolhidos dois trechos com águas do Rio do Monjoli-
nho, qualitativamente bastante diferentes entre si.

Esta escolha foi bastante difícil, pois se de início localizaram-se ao longo do rio, através de mapas, alguns trechos potenciais para estas finalidades, no campo,

problemas de acesso ou mesmo a verificação do não atendimento das limitações impostas pelo método de ODUM (op. cit.), fizeram com que fossem escolhidos apenas dois desses trechos.

O trecho 1 (TM1) localiza-se próximo às nascentes do rio, em cota média de 852 m, na Fazenda Santa Terezinha, com comprimento de 340 m em canal natural. O trecho 2 (TM2) localiza-se próximo à desembocadura do rio no Rio Jacaré-Guaçu, em cota média de 555 m, na Fazenda São José, com comprimento de 750 m em canal construído, que conduz as águas do rio a uma turbina geradora de eletricidade (Figuras B.4 e B.48).

Para o trecho TM1 foram realizadas medidas morfométricas e hidráulicas na manhã do dia 15 de agosto de 1990, enquanto as coletas de água para a determinação das taxas de metabolismo e da dinâmica de variação de nutrientes, foram realizadas das 6:30 h do dia 16 às 8:15 h do dia 17 de agosto de 1990. Para o trecho TM2, as medidas morfométricas e hidráulicas foram realizadas dentro do período de coletas de água no trecho, das 6:25 h do dia 5 às 7:35 h do dia 6 de setembro de 1990.

As medidas morfométricas e hidráulicas foram realizadas utilizando-se do método Área-Velocidade, descrito em LIMA (op. cit.) e visto anteriormente. No trecho TM1 avaliaram-se, em seqüência, da estação de coletas E1 (início do trecho) à estação de coletas E2 (final do trecho), sete seções aproximadamente equiespaçadas de 50 m. No trecho TM2, duas seções, uma próxima ao início do trecho e outra próxima ao final do trecho, foram avaliadas em horários escolhidos no decorrer do período de coletas, já que o canal pareceu ter uma certa homogeneidade na forma quase retangular de suas seções.

Para cada trecho, das medidas morfométricas e hidráulicas obtidas, calcularam-se:

$$\bar{V}_m = \text{m\u00e9dia das velocidades m\u00e9dias em cada se\u00e7\u00e3o avaliada} = \underline{\text{velocidade m\u00e9dia no trecho.}}$$

\underline{Pm} = média das profundidades médias em cada seção avaliada = profundidade média no trecho.

$\underline{\bar{Lm}}$ = média das larguras em cada seção avaliada = largura média no trecho.

\underline{Qm} = $Pm \times \bar{Lm} \times \bar{Vm}$ = vazão média no trecho.

\underline{As} = $Lm \times$ comprimento do trecho = área de superfície líquida no trecho.

\underline{Tt} = $\frac{\text{comprimento do trecho}}{\bar{Vm}}$ = tempo de trânsito médio da água no trecho.

Para cada trecho, foram realizadas coletas de água nas estações de entrada (E1) e de saída (E2) do trecho: (1) de uma em uma hora para se determinarem a temperatura e a concentração de oxigênio dissolvido, e (2) de três em três horas para as determinações das concentrações dos nutrientes dissolvidos (NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , PO_4^{3-} , SiO_3^{2-}), além das concentrações de nitrogênio total (NT), fósforo total (PT) e clorofila a total em suspensão. Porém, a periodicidade prevista para essas coletas não foi possível de ser realizada, principalmente à noite, quando aumentaram as dificuldades de coleta. Assim, realizaram-se para cada estação, no trecho TM1, sete coletas para nutrientes, nitrogênio e fósforo totais e clorofila a em suspensão, e no trecho TM2, nove coletas, sendo as frequências de coletas para a temperatura da água e oxigênio dissolvido, nas duas estações de cada trecho, bastante maiores. Isso pode ser verificado nas Figuras B.42 a B.44 para o trecho TM1 e nas Figuras B.45 a B.47 para o trecho TM2.

4. RESULTADOS

4.1- Características Naturais da Bacia Hidrográfica

4.1.1- Localização

A Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho integra a Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré-Guaçu, um dos mais importantes afluentes do Rio Tietê.

Localiza-se na região centro-norte do Estado de São Paulo, entre os paralelos $21^{\circ}57'$ e $22^{\circ}06'$ de latitude sul, e entre os meridianos $47^{\circ}50'$ e $48^{\circ}05'$ de longitude oeste (Figura B.48) (IBGE, 1971).

A maior parte da área da bacia está no Município de São Carlos, tendo como característica marcante o desenvolvimento urbano da Cidade de São Carlos dentro de seus limites. A porção noroeste de sua área, entre o Córrego do Can-Can e Rio do Monjolinho, está no Município de Ibaté, havendo aí a presença da periferia sudeste da Cidade de Ibaté, que atualmente se estende em direção à Usina de Açúcar e Alcool da Serra (Figura B.48).

A Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho dista aproximadamente 240 km da Cidade de São Paulo.

Ao se observar a topografia da bacia hidrográfica (Figura B.48) pode-se distinguir, de modo geral, duas áreas separadas por uma concentração de curvas de nível no sentido oeste-leste. São essas as bordas do topo do Planalto de

São Carlos, estando esse na parte norte da bacia. Essa divisão da bacia hidrográfica em duas grandes áreas e a faixa intermediária é interessante, pois essas unidades espaciais apresentam caracteres geológicos e fisiográficos próprios e distintos, como será observado adiante.

Importantes vias de transporte estaduais (DER, 1987) passam pela bacia hidrográfica, tais como: a Rodovia Washington Luiz (SP-310), a leste e norte da área, a rodovia que liga Ribeirão Bonito a Descalvado (SP-215), ao sul, a rodovia que liga São Carlos a Ribeirão Preto (SP-318), ao norte e a ferrovia da FEPASA (Ferrovia Paulista) que liga a região norte-noroeste do estado à capital, e que passa na direção noroeste-sudeste da área (Figura B.48).

4.1.2- Aspectos Climáticos

a) Clima Regional

O clima de uma região é o resultado da ação conjunta de fatores dinâmicos, como os mecanismos atmosféricos de circulação das massas de ar, e de fatores estáticos, como o relevo, a latitude, a continentalidade ou a maritimidade.

O regime climático do sudeste brasileiro, onde se encontra a bacia hidrográfica em estudo, é diverso, principalmente devido à interação entre a massa subtropical do Atlântico Sul, com ventos de leste e nordeste, e a massa polar, com ventos de sul, sobre um território topograficamente acidentado (NIMER, 1989).

Outras massas tropicais influenciam secundariamente o clima regional, sendo este considerado uma unidade climatológica, devido ao equilíbrio dinâmico entre o sistema de massas tropicais e massas polares, o que confere um caráter de transição climática à região, expresso principalmente no seu regime térmico (NIMER, op. cit.).

Por outro lado, a marcha estacional das precipitações gera uma certa homogeneidade climática, havendo na

região uma notável concentração de chuvas no verão, sendo essas pouco frequentes e menos intensas no inverno, caracterizando um ritmo tipicamente tropical. Isso é devido ao predomínio durante o ano das massas tropicais, cuja estabilidade só é modificada pela chegada dos sistemas de correntes de circulação perturbada trazidas pelos móveis anticlones polares ou por descontinuidades formadas no seio da própria massa de ar tropical (NIMER, op. cit.).

Assim, utilizando-se de critérios tradicionais de classificação climática, acrescidos de critérios próprios baseados na Climatologia Dinâmica, NIMER (op. cit.) classificou o clima da Região Sudeste como Tropical, estando o clima da região na qual se encontra São Carlos classificado como Tropical, Sub-quente, Úmido. Tropical, pelo ritmo sazonal das precipitações; Sub-quente, por apresentar temperatura média anual abaixo dos 22°C , com o mês mais quente com temperatura média acima de 22°C e pelo menos um mês com temperatura média inferior a 18°C ; Úmido, por ter uma curta e pouco sensível estação seca no inverno.

b) Clima Local

De acordo com critérios baseados nos regimes de temperatura e pluviosidade, segundo sistemática de Köepen, a análise de dados climáticos da cidade de São Carlos realizada por SETZER (1949), de 1921 a 1924 e de 1927 a 1942, por MATTOS (1982), de 1949 a 1968 e por OLIVEIRA e PRADO (1984), de 1941 a 1970, levou-os a classificar o clima como Cw_b . TOLENTINO (1967), baseado em dados de 1939 a 1967, classificou o clima como intermediário entre Aw e Cw_a .

O clima Cw_b é seco de inverno, apresentando chuvas de verão, com precipitação máxima de verão maior ou igual a 10 vezes a precipitação do mês mais seco (precipitação mínima); tem pelo menos 4 meses com temperaturas médias mensais maiores que 10°C e a temperatura do mês mais quente é inferior a 22°C . É um Clima Temperado Úmido. O clima Cw_a difere do anterior por ter a temperatura do mês

mais quente superior a 22°C , sendo considerado Clima Sub-Tropical Úmido. O clima Aw é um Clima Tropical Úmido com inverno seco (precipitação menor que 60 mm no mês), com a temperatura média de todos os meses maior que 18°C (E-SALQ, 1976).

c) Características Climáticas Importantes na Bacia Hidrográfica

Observando-se os quadros climáticos, obtidos pelos autores anteriormente citados, para a região de São Carlos, e acrescentando-se a esses os trabalhos do D.A.E.E. (1974) e de AGUIAR (1988), destacaram-se as seguintes características:

1- Resultados médios anuais aproximados para a cidade de São Carlos:

- pressão atmosférica: 690 mmHg.
- umidade relativa do ar: entre 65% e 70%.
- ventos: predominância nos quadrantes nordeste e sudeste, com velocidades médias de 2,9 m/s (SW) a 4,0 m/s (SE).
- nebulosidade: 50%.

2- Regime térmico do ar acompanhando as estações do ano, porém sem as amplitudes térmicas que se registram em locais com latitudes maiores e que apresentam clima tipicamente temperado.

3- Na cidade de São Carlos, na parte alta da bacia hidrográfica, entre 800 e 900 m, a temperatura média anual encontra-se entre $20,5^{\circ}\text{C}$ e 21°C , sendo os meses de junho e julho os mais frios, com médias entre $17,5^{\circ}\text{C}$ e 18°C , e os meses de janeiro e fevereiro os mais quentes com médias entre $22,5^{\circ}\text{C}$ e $23,0^{\circ}\text{C}$. Provavelmente as partes mais baixas da bacia hidrográfica tenham médias de temperatura

maiores que as apresentadas, como é constatado nas medidas de postos meteorológicos em cotas mais baixas nessa região.

4- Precipitações anuais totais médias entre 1.350 e 1.550 mm, sendo esses valores maiores que os de localidades mais baixas na região, indicando efeito orográfico e a causa dos poucos déficits hídricos indicados pelos balanços hídricos realizados por alguns autores.

5- Ritmo tropical de precipitações, sendo as menores precipitações medidas de abril a setembro (menos de 100 mm ao mês), meses de menor temperatura, quando ocorre em média apenas 20% das precipitações anuais. Além disso a passagem do período chuvoso (140 a 290 mm ao mês) para o seco e vice-versa ocorre de forma abrupta.

6- O período chuvoso apresenta médias diárias de precipitação e números de dias com precipitação superiores aos do período seco, sendo o número de dias com chuva o fator principal, a nível regional, para a diferença marcante entre o período chuvoso e o período seco.

7- A distribuição espacial e temporal das chuvas, a nível de bacia hidrográfica, é dispersiva, devido ao domínio de chuvas convectivas, durante o ano, já que as chuvas frontais, mais abrangentes no espaço, têm maior expressão apenas no período mais seco. As chuvas convectivas são localizadas e bastante aleatórias na escala diária, enquanto as frontais são mais previsíveis.

8- Quanto ao regime de evapotranspiração, tem-se menor aleatoriedade diária, quando comparado ao regime de precipitações. A evapotranspiração depende das condições físico-energéticas do ambiente, da disponibilidade de água e das características físicas ou fisiológicas do solo ou vegetação. Assim, há um ciclo anual bem definido cujos máximos ocorrem em dezembro e janeiro, e os mínimos em junho e julho, sendo os desvios, causados por condições meteorológicas.

lógicas instantâneas, como chuvas e nuvens, e por condições hídricas anteriores do solo e vegetação. No período chuvoso há constante alteração das condições meteorológicas instantâneas causando grandes amplitudes de variação. na evapotranspiração, o que ocorre com baixa frequência no período mais seco.

4.1.3- Aspectos Geológicos

a) Generalidades

A análise da geologia regional, baseada na exposição de rochas aflorantes, na natureza dos materiais inconsolidados expostos na superfície e nas informações obtidas da sub-superfície pela perfuração de poços, mostra total predominância dos sedimentos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraná (AGUIAR, 1988).

Destacando-se os eventos climático-geológicos, que proporcionaram a atual configuração do material superficial e sub-superficial, com expressão na área da Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho, a partir do início da Era Mesozóica, a evolução geológica da área (Figura B.3) teve o seguinte andamento geral:

Durante a Era Mesozóica, com duração de 167 milhões de anos, ocorreram a princípio deposições areníticas predominantemente de origem fluvial e posteriormente de origem predominantemente eólica, havendo em seqüência a ocorrência de manifestações magnéticas básicas intercaladas por deposições areníticas de origem eólica, com posterior sedimentação arenítica de origem flúvio-lacustre. Sucederam-se a essas camadas geológicas as coberturas da Era Cenozóica, com duração de 63 milhões de anos e mais recentemente se depositaram e continuam se depositando os sedimentos aluviais, nas calhas, margens e planícies de inundação dos rios, e os sedimentos coluviais, nos sopés das vertentes do relevo.

Em estudo que envolve a metade Leste da área da bacia hidrográfica, AGUIAR (op. cit.) subdividiu as ocorrências geológicas em dois grupos: 1- Substrato Geológico, com litologia aflorante ou não, e 2- Materiais Inconsolidados, sobre o substrato, e que são praticamente os solos desenvolvidos, que serão revistos na descrição dos aspectos pedológicos da bacia hidrográfica. Essa subdivisão será adotada para este trabalho, pois retrata melhor a dinâmica geológica.

b) Substrato Geológico

As unidades litológicas de interesse para o estudo da bacia, dispostas em estratos mais ou menos definidos, são aquelas formadas durante a Era Mesozóica (Figura B.3). Ou seja, das camadas mais profundas ou cotas mais baixas, para as camadas mais superficiais ou cotas mais altas, das camadas mais antigas às mais recentes, encontram-se na área da bacia o Grupo São Bento (formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral) e o Grupo Bauru (formação Marília) (PETROBRÁS, 1971; DAEE, 1974, GONÇALVES, 1986; AGUIAR, op. cit.).

Diversos autores estudaram essas unidades na região, podendo-se encontrar essas referências bibliográficas nos trabalhos de OLIVEIRA e PRADO (1984), GONÇALVES (op. cit.) e AGUIAR (op. cit.). A seguir serão descritas algumas de suas características observadas na região e na própria bacia hidrográfica em estudo.

1- Grupo São Bento:

Formação Pirambóia

Idade: Triássico-Jurássico

Características Litoestratigráficas:

Arenitos esbranquiçados, amarelados, avermelhados siltico-argilosos. Possuem granulação variável, média a predominantemente muito fina, pouco ou muito argilosos, com

grãos polidos, subangulares, subarredondados, de mal a moderadamente selecionados. São consistentes, com finas intercalações de argilitos e siltitos; exibindo estratificação cruzada planar e acanalada, predominante na região, e plano-paralela. Sua posição estratigráfica está entre os sedimentos do Grupo Passa Dois (inferior) e a Formação Botucatu (superior).

Paleoambiente de Formação:

Os sedimentos da Formação Pirambóia são do tipo de depósitos em canais fluviais e de depósitos de transbordamento, com conseqüente estratificação cruzada planar e acanalada e plano-paralela respectivamente. Devido às características litológicas postula-se clima semi-árido durante a sedimentação da formação.

Formação Botucatu

Idade: Jurássico

Características Litoestratigráficas:

Arenitos de coloração predominantemente esbranquiçada, às vezes avermelhada quando próximos aos magmatitos da Formação Serra Geral. Possuem granulação fina a média, com grãos quartzozos foscos, bastante arredondados, esféricos, equidimensionais, bem selecionados, altamente silicificados, com ausência de matriz argilosa. Algumas vezes essas rochas se apresentam friáveis em profundidade, devido à falta do cimento silicoso, fato bastante observado nos perfis de poços da região, ou devido a níveis conglomeráticos com até 3 metros de espessura e decorações acizentadas e esbranquiçadas, exibindo seixos de quartzo arredondados e de esfericidade média na parte inferior do pacote arenítico. A estratificação é cruzada de pequeno a grande porte, com laminações no topo da seqüência. Sua posição estratigráfica está entre a Formação Pirambóia (inferior) e a Formação Serra Geral (superior).

Paleoambiente de Formação:

O tipo predominante da Formação Botucatu, o arenito fino, com boa seleção, elevado grau de arredondamento de seus grãos e estruturas sedimentares constituídas predominantemente de estratificações cruzadas de médio a grande porte, sugere deposição de origem eólica, formando-se dunas caminantes de grandes proporções, que se movimentavam no sentido S e SSw, em ambiente desértico, com clima árido.

Em algumas localidades a homogeneidade dos sedimentos de ambiente desértico da formação é quebrada por depósitos de areias conglomeráticas (arenito conglomerático), formados em condições de alta energia em ambiente sub-aquático, e por depósitos de silte e argila, formados em condições de baixa energia em ambiente de águas estagnadas.

Formação Serra Geral

Idade: Jurássico-Cretáceo

Características Litoestratigráficas:

Rochas eruptivas básicas extrusivas, como o basalto, com alguns corpos intrusivos hipoabissais (subsuperficiais) na forma de diques e predominantemente sills, entremeadas por intercalações locais de arenito eólico. As rochas eruptivas básicas são escuras, preto-esverdeadas, com textura afanítica (granulação muito fina) a sub-fanerítica (granulação menos fina), bastante densas, com abundância de minerais ferro magnesianos e porcentagem média de sílica (45 a 52%). Os arenitos eólicos intercalados (intertrapianos), embora não apareçam em exposições, foram detetados pela perfuração de poços profundos na região e os corpos hipoabissais acham-se encaixados na sequência inferior da Formação Botucatu. A Formação Serra Geral encontra-se estratigráficamente posicionada sobre os arenitos Botucatu, em relevo bastante irregular, devido à formação de dunas desses, havendo por isso grandes varia-

ções locais de espessura dos derrames basálticos. Sobre ela assentam-se ora os sedimentos do Grupo Bauru, ora os sedimentos cenozóicos.

Paleoambiente de Formação:

As manifestações vulcânicas ocorridas na região fazem parte da grande atividade vulcânica, ocorrida em toda a Bacia do Rio Paranã, de natureza passiva e fissural.

Os primeiros derrames ocorreram em ambiente gerador de dunas, continuando as areias a serem movimentadas pelos ventos, e recobrando-os com finos e às vezes extensos lençóis, formando os arenitos interderrames. Isto é natural, pois em uma paisagem coberta por lavas consolidadas o vento continuaria a atuar sem restrições, tendo em vista a ausência de vegetação, embora em clima não necessariamente árido.

A magnitude desses eventos vulcânicos geraram espessas camadas basálticas sobre toda a área da Bacia do Rio Paranã, sendo as espessuras da borda leste menores, devido a serem os limites orientais do vulcanismo e devido à erosão nas bordas das Cuestas Basálticas dessa região. A espessura do pacote magnético Serra Geral cresce da borda leste em direção a oeste, até a calha do Rio Paranã.

2- Grupo Bauru:

Formação Marília

Idade: Cretáceo Superior

Características Litoestratigráficas:

Arenitos, de um modo geral, róseo-esbranquiçados. A granulação é diversificada, mal selecionada, de fina a média, grãos argilosos, com zonas grosseiras e outras conglomeráticas, sobretudo na base da seqüência, compostas por seixos e até matacões, com a presença de quartzitos, quartzo, basalto, pelotas de argila avermelhada e alguns poucos de gnaiss, em matriz siltica arenosa. O topo do pacote se-

dimentar é marcado freqüentemente por linhas de seixos. Em geral, são arenitos bastante friáveis, apresentando em alguns locais boa consistência, devido a cimento silicoso.

As estratificações são do tipo plano-paralela e cruzada acanalada e tangencial de pequeno porte e a posição estratigráfica do Grupo Bauru está entre os sedimentos cenozóicos (superior) e a Formação Serra Geral, predominantemente, ou a Formação Botucatu (inferior).

Paleoambiente de Formação:

Os tipos de estratificação cruzada e plano-paralela sugerem ambiente flúvio-lacustre de deposição respectivamente. A ausência de dunas, que seriam reconhecidas por estratificações cruzadas de grande porte, sugere lençol freático próximo à superfície, umedecendo a areia e impedindo sua remobilização pelos ventos. Por isso, o clima talvez não tenha sido árido, mas sim com chuvas mal distribuídas, concentradas, separadas por estações secas prolongadas.

Os conglomerados de pelotas de argila seriam principalmente o resultado de fases torrenciais, que transportariam argilas endurecidas e quebradas pela forte evaporação dos períodos secos, posteriores a períodos chuvosos em que as argilas fossem depositadas em planícies de inundação. A presença de conglomerados de seixos de quartzito e quartzo e minerais pesados de origens diversas indica a contribuição de várias fontes de sedimentos, tais como: o embasamento pré-cambriano, com rochas metamórficas e ígneas, e as rochas sedimentares formadas anteriormente.

c) Materiais Inconsolidados

Estes materiais constituem-se dos sedimentos da Era Cenozóica acrescidos dos alúvios e colúvios, provavelmente holocênicos depositados nos fundos dos vales dos rios e nos sopês das vertentes do relevo, formando o último man-

to sólido do substrato terrestre, cujo limite superior é a atmosfera.

AGUIAR (op. cit.) subdividiu os Materiais Inconsolidados em dois grupos:

1- Materiais Residuais, provenientes da alteração da rocha-matriz sem que tenham sofrido transporte - Residuais do Botucatu, Residuais dos Magmatitos Básicos (Serra Geral), Residuais do Bauru.

2- Materiais Transportados, que são aqueles que apresentam indícios de retrabalhamento e de transporte significativos, além dos orgânicos - Material Arenoso I, Material Arenoso II, Material Arenoso III, Material Aluvionar, Material Coluvionar, Material Orgânico.

Portanto, a seguir, têm-se algumas características desses materiais na área em estudo, porém reagrupados segundo critério baseado nas macrocaracterísticas estratigráficas e topográficas, e influência das formações do Substrato Geológico na área. Segundo AGUIAR (op. cit.):

Material Arenoso III

Encontra-se assentado principalmente sobre o Grupo Bauru, sendo predominantemente areno-argiloso com colorações amarelo-avermelhadas. Este material sofreu a influência equitativa de todas as unidades geológicas presentes na área.

Exibe uma certa homogeneidade, tanto em superfície como em profundidade, com espessuras que variam de zero a 5 m próximo às margens dos rios que drenam a área do topo do planalto a maiores que 20 m no alto dos interflúvios. São freqüentes linhas de seixos em profundidades variadas próximas ao contato superior do Grupo Bauru.

A fração granulométrica predominante é a areia fina, com o total de finos (areia + silte) nunca inferior a 27%. A mineralogia apresenta o domínio do quartzo, seguin-

do-se a caulinita, a magnetita e outros opacos (metálicos). A permeabilidade está entre 10^{-3} cm/s e 10^{-2} cm/s.

Residual Bauru

É a camada de alteração da Formação Marília (arenito Bauru), confundindo-se com a rocha inalterada, o que causa muita controvérsia sobre a separação entre as duas unidades. Apresenta colorações avermelhadas a esbranquiçadas, com constantes manchas variegadas.

Aparecem próximos aos afloramentos do arenito Bauru, ou seja, na maioria das nascentes dos rios que drenam o topo do planalto, com espessuras de zero a 2 metros, abaixo do Material Arenoso III.

A granulometria varia de areia fina a média até argila arenosa, com presença significativa de silte (4,6% a 25,9%) e de pedregulho (até 11,7%). Minerologicamente, há o domínio do quartzo, vindo a seguir feldspatos e argilo-minerais cauliniticos. Apresenta grandes variações de permeabilidade, de 10^{-5} cm/s, para materiais com maior quantidade de silte e argila, até 10^{-2} cm/s, para materiais com pedregulhos.

Residual dos Magmatitos Básicos

É o manto de alteração das rochas básicas extrusivas, basaltos expostos nas bordas do planalto e no fundo dos vales dos rios que o drenam, e das intrusivas, sills expostos em meio ao arenito Botucatu e materiais inconsolidados dele derivados. Exibe cores avermelhadas.

As espessuras variam de zero a 10 m em geral, conforme a variação decrescente da declividade dos terrenos.

A faixa argilosa predomina a granulometria, com participação importante de areia fina, sendo a mineralogia dominada pela magnetita e pela ilmenita (óxidos metálicos). O predomínio da fração argila é discretamente substituído em profundidade pela fração siltica até se atingir o subs-

trato rochoso. A permeabilidade está por volta de 10^{-3} cm/s nas superfícies mais afastadas do substrato rochoso, diminuindo para 10^{-5} cm/s ou menos conforme se aprofunda no perfil.

Residual do Botucatu

É o manto de intemperismo da Formação Botucatu, que aparece de modo dominante sobre as exposições da rocha-matriz nas escarpas das bordas do planalto, abaixo da Formação Serra Geral. As cores são amareladas.

As espessuras observadas nunca excedem 2 m, devido à natureza escarpada dos locais de ocorrência, onde a exposição direta da rocha é a mais comum.

A areia fina predomina as frações granulométricas e quando somada com a areia média, nunca são inferiores a 75%. O quartzo constitui 90% da mineralogia, seguido por argilominerais de feldspatos e micas presentes no arenito, com predomínio da caulinita. A permeabilidade varia de 10^{-4} cm/s a 10^{-2} cm/s ou mais.

Material Coluvionar

São materiais inconsolidados tanto da Formação Serra Geral quanto da Formação Botucatu, dispostos nas encostas das maiores escarpas das bordas do planalto, onde se encontram em seqüência de camadas as rochas-matrizes. Os colúvios desses locais apresentam contribuição significativa de ambos os litótipos, com espessuras maiores do que 10 m.

O material coluvionar do Botucatu tem predominância de areia fina quartzosa, com presença marcante de finos (silte + argila), blocos de arenito e, em menor quantidade, de basalto. Possuem alta permeabilidade, acima de 10^{-3} cm/s.

O material coluvionar do basalto tem a fração fina predominante, tendo em alguns casos a maior participação de areia fina (minerais opacos). A permeabilidade é de a-

proximadamente 10^{-4} cm/s.

Material Arenoso I

É o material inconsolidado assentado sobre a Formação Botucatu, e dela originado, na área, sendo francamente arenoso, com predominância de colorações amareladas. A contribuição das Formações Serra Geral e Marília (Bauru), são insignificantes.

Apresenta relativa homogeneidade nas suas características físicas, mecânicas e químicas tanto em superfície quanto em profundidade e tem espessuras entre 2 a 5 m e 10 a 20 m, exibindo escassez de drenagem onde ocorre.

É típica a sua granulometria por ter o teor de finos (silte + argila) sempre inferior a 15%, tendo como dominantes a areia fina a média, com presença constante de areia grossa. A mineralogia é simples, com grande predominância do quartzo, seguindo-se a caulinita e em menores proporções os óxidos de ferro. A permeabilidade é elevada, tendo como valor mínimo 10^{-3} cm/s.

Material Arenoso II

Encontra-se assentado sobre o arenito Botucatu em áreas próximas às rochas básicas da Formação Serra Geral, o que confere a essa unidade maiores teores de finos (silte + argila) que o Material Arenoso I, e é um dos principais critérios de diferenciação entre essas unidades. As cores sofrem variações entre amareladas e avermelhadas.

As espessuras são da ordem de 5 a 10 m e de 10 a 20 m, marcando porções mais elevadas dos terrenos sobre o arenito Botucatu, entre os corpos básicos na área.

A distribuição granulométrica é heterogênea com os finos variando de 15% a 36,4%, permanecendo majoritariamente entre 20% e 30%, entretanto sem exibir grandes modificações em profundidade, ocorrendo habitualmente linhas de seixos. O quartzo é o mineral predominante, com mais de 90%, seguindo-se a caulinita e a magnetita. A permeabilidade

de varia de 10^{-5} cm/s a 10^{-3} cm/s ou mais.

Material Aluvionar

São os materiais francamente arenosos formados pela deposição de camadas sedimentares mais recentes em locais planos, de zero a 2% de declive, próximos aos córregos que transportam esses e outros materiais da bacia de drenagem. Têm natureza bastante heterogênea, se apresentando com tonalidades claras.

As espessuras são variadas e de difícil determinação. A faixa de areias predomina na granulometria, com altos teores de finos, de pedregulhos em alguns pontos, além da freqüente presença de matéria orgânica. A permeabilidade é superior a 10^{-3} cm/s.

Material Orgânico

São materiais com alto teor de matéria orgânica, desenvolvidos em algumas baixadas dos córregos, apresentando níveis estratificados e colorações acizentadas, de claras a escuras.

Apresentam textura diversificada, com estratos arenosos, siltosos e predominantemente argilosos. A permeabilidade é baixa.

d) Distribuição Espacial das Unidades Geológicas na Bacia Hidrográfica

Após a análise dos trabalhos que abordam a geologia da área em diversos níveis de detalhamento e dos mapas produzidos (PETROBRÁS, op. cit.; DAEE, op. cit.; OLIVEIRA e PRADO, op. cit.; GONÇALVES, op. cit.; AGUIAR, op. cit.), foi possível estabelecer uma divisão da área da bacia em faixas que apresentam, de modo geral, caracteres geológicos próprios e que influenciam outros caracteres (drenagem, relevo, pedologia, etc.).

Os eventos geológicos em interação com os eventos climáticos do passado, além de participarem na formação das unidades geológicas presentes na área, foram preponderantes na esculturação da bacia e na determinação da atual configuração espacial das unidades geológicas descritas anteriormente.

Dividiu-se a bacia hidrográfica em três faixas (Figura B.48), uma ao norte, outra ao sul e uma terceira intermediária, formada pela quebra de relevo (agrupamento de curvas de nível) entre as porções norte e sul da área, e pelos fundos dos vales e vertentes mais inclinadas dos rios que drenam a porção norte.

Assim, denominaremos por facilidade as três faixas de: Faixa Norte, Faixa Intermediária e Faixa Sul. Portanto as unidades geológicas de interesse se distribuem da seguinte maneira:

1- Faixa Norte:

Na maior parte da área, nas cotas mais altas, encontram-se os materiais inconsolidados do tipo Material Arenoso III. Em profundidade encontram-se os arenitos do Grupo Bauru (Arenito Bauru), que apresentam os materiais inconsolidados do tipo Residual do Bauru na maioria das nascentes de rios da área. As rochas extrusivas da Formação Serra Geral (Basalto) encontram-se logo abaixo do Arenito Bauru, sendo o substrato rochoso quase impermeável da área, o qual aflora nos leitos e fundos de vale dos rios que a drenam e nas escarpas íngremes da Faixa Intermediária.

2- Faixa Intermediária:

Como já citado, é predominantemente a área de afloramento e de influência dos basaltos, localizando-se nas escarpas sub-verticalizadas entre as faixas norte e sul e nos fundos de vale e vertentes mais inclinadas dos rios que drenam o norte da bacia hidrográfica. Nas partes extremas leste e oeste das escarpas há alguns poucos afloramentos

dos arenitos da Formação Botucatu (Arenito Botucatu), que estão estratigráficamente sob os basaltos. Próximo aos afloramentos desenvolvem-se materiais inconsolidados dos tipos Residual dos Magmatitos Básicos, sobre o Basalto, e Residual do Botucatu, sobre o Arenito Botucatu. No sopé das escarpas de toda a faixa encontram-se presentes os materiais inconsolidados do tipo Material Coluvionar, procedentes do Basalto, em maior parte, e do Arenito Botucatu.

3- Faixa Sul:

Essa área tem a influência predominante do Arenito Botucatu, embora esse quase não aflore, além da influência das rochas intrusivas da Formação Serra Geral (corpos básicos do tipo sill). Os derrames basálticos extrusivos não se expressam na área, limitando-se à porção centro-norte da bacia hidrográfica. Sobre os sills presentes encontram-se os materiais inconsolidados do tipo Residual dos Magmatitos Básicos. Nas áreas adjacentes a esses corpos básicos, os materiais inconsolidados sobre o Arenito Botucatu são do tipo Material Arenoso II. Sobre o Arenito Botucatu, com pouca influência dos sills, encontram-se os inconsolidados do tipo Material Arenoso I. Em alguns trechos dos leitos do Córrego da Água Fria e do Rio do Monjolinho encontram-se afloramentos dos corpos básicos da área, enquanto o Arenito Botucatu aflora em alguns morros testemunhos na parte oeste da área, onde há a expressão possível dos arenitos da Formação Pirambóia (Arenito Pirambóia). Estratigráficamente estão sob o Arenito Botucatu e podem ter contribuído para os inconsolidados do tipo Material Arenoso I presente na área.

Os materiais inconsolidados do tipo Material Aluvionar podem ser encontrados nas partes planas da rede de drenagem da bacia hidrográfica, além das áreas de águas represadas artificialmente, com maior expressão nos trechos do Rio do Monjolinho como: da Represa da UFSCar, o de a-

fluência dos Córregos da Água Quente e da Água Fria e o de um longo trecho plano no seu curso final, a oeste.

4.1.4- Aspectos Pedológicos

a) Generalidades

Baseando-se nos trabalhos de ALMEIDA et al. (1981), de PRADO et al. (1981), de OLIVEIRA et al. (1982) e de OLIVEIRA e PRADO (1984), verificou-se a presença na área da bacia hidrográfica de solos do tipo Latossolos predominantemente, do tipo Areias Quartzozas secundariamente, do tipo Litólicos, com menor expressão, do tipo Hidromórficos e do tipo Terra Roxa Estruturada, ocupando pequenas áreas.

De um modo geral têm-se as seguintes características para esses tipos de solos na área, segundo DEMATTE (1985) e OLIVEIRA e PRADO (op. cit.):

Latossolos

São solos bem drenados com seqüência quase que indiferenciada de horizontes, e que apresentam um horizonte subsuperficial óxico. Esse horizonte foi denominado de "B latossólico" pela COMISSÃO DE SOLOS (C.N.E.P.A, 1960, in OLIVEIRA e PRADO, op. cit.), e tem como outras características:

(1) espessura mínima de 30 cm, variando mais frequentemente entre 1,5 m e 4 m.

(2) horizonte extremamente intemperizado. A fração argila é constituída principalmente de óxidos hidratados de ferro e alumínio (sesquióxidos) e minerais de argila do tipo 1:1. Os minerais presentes na fração areia são os mais resistentes ao intemperismo, altamente insolúveis, como o quartzo. A reserva mineral desse solo é quase que ausente.

(3) massa granular homogênea, muito porosa, pouca coesa.

Na área existem latossolos originados de diversos materiais geológicos, como latossolos roxos, vermelho-escuros e vermelho-amarelos.

Areias Quartzozas

São solos também conhecidos como Regossolos que se caracterizam por serem, em geral, profundos, muito friáveis, de textura arenosa e drenagem excessiva. São originados de arenitos, normalmente ácidos e pouco férteis.

As variações morfológicas, exceto a cor, são mínimas. Em razão desses solos se desenvolverem sobre material predominantemente quartzoso, a ação dos processos pedogenéticos é atenuada, resultando em perfis pouco diferenciados, onde os processos de adição se destacam e imprimem características marcantes.

Litólicos

São solos imaturos com pequeno desenvolvimento de perfil, rasos, com ausência ou pouca espessura de horizonte diagnóstico subsuperficial. O substrato rochoso se encontra em pequena profundidade do solo que, sendo imaturo, apresenta teores relativamente elevados de minerais primários menos resistentes ao intemperismo e minerais de argila com elevada capacidade de troca catiônica (CTC).

As texturas desses solos são bastante variadas, sendo relacionadas à natureza do substrato rochoso.

Na área existem solos litólicos de arenitos e de rochas eruptivas básicas.

Hidromórficos

São solos cuja característica mais importante é a presença de horizonte glei a menos de 80 cm de profundi-

de. Esse tipo de horizonte ocorre devido a processos de redução decorrente do regime hídrico áquico a que é submetido, ou seja, saturado de água, sem a presença de oxigênio dissolvido.

Na área da bacia apresentam-se com diferentes porcentagens de matéria orgânica, com diferentes texturas.

Terra Roxa Estruturada

São solos derivados de rochas básicas, bem drenados e de coloração arroxeadada, que apresentam horizonte de subsuperfície do tipo B textural argiloso ou muito argiloso. Algumas características desse solo são:

(1) cerosidade abundante revestindo os agregados no horizonte B.

(2) grande estabilidade dos microagregados de argila.

(3) estrutura em blocos no horizonte B.

(4) abundância de minerais pesados, muitos dos quais são atraídos por imã.

(5) teores de Fe_2O_3 e TiO_2 relativamente elevados ao longo do perfil.

Na área da bacia encontra-se uma única unidade taxonômica, a Unidade Estruturada.

b) Unidades Pedológicas e Distribuição na Área da Bacia Hidrográfica

Utilizando-se a divisão da área da bacia proposta anteriormente (Faixa Norte, Faixa Intermediária e Faixa Sul) (Figura B.40) e a classificação em unidades taxonômicas

propostas por OLIVEIRA e PRADO (op. cit.) tem-se:

(1) Faixa Norte:

Latossolo Vermelho-Amarelo - unidade Canchin

material de origem:

- sedimentos cenozóicos arenosos inconsolidados e retrabalhados (Material Arenoso III das unidades geológicas).

outras características:

- já descritas no item (a) para Latossolos
- muito profundos
- textura argilosa ou média, com predominância de areia grossa sobre areia fina
- muito ácidos, álicos e distróficos

posição na paisagem:

- em relevo suave ondulado, presente em toda a área, constituído por baixas colinas com vertentes apresentando declives inferiores a 7%, ocupa os topos das colinas e os terços superior e médio das vertentes.

(2) Faixa Intermediária:

Latossolo Vermelho-Escuro - unidade Limeira

material de origem:

- sedimentos cenozóicos finos, inconsolidados e retrabalhados, do tipo argilitos e siltitos, com variada contribuição de rochas básicas.

outras características:

- já descritas no item (a) para Latossolos
- textura argilosa ou muito argilosa ao longo do perfil
- ácidos, álicos e distróficos

posição na paisagem:

- ocorrem em associação com latossolos roxos da unidade Ribeirão Preto, ou isolados, em posições próximas ao embasamento basáltico, junto aos cursos superiores dos maiores rios que drenam as colinas da Faixa Norte.

Latossolos Roxos - unidades Ribeirão Preto e Barão Geraldomaterial de origem:

- rochas eruptivas básicas extrusivas - basalto (Residual dos Magmatitos Básicos das unidades geológicas)

outras características:

- já descritas no item (a) para Latossolos
- muito profundos
- textura argilosa ou muito argilosa, com pouca areia grossa
- horizonte B com aspecto maciço poroso, porém com microestrutura desenvolvida (põ-de-café)
- elevados teores de Fe_2O_3 e TiO_2 no perfil e grande teor de magnetita, o que provoca atração por imã e difere esses solos dos latossolos vermelho-escuros
- os solos da unidade Barão Geraldo são ácidos e distróficos e os da unidade Ribeirão Preto são eutróficos

posição na paisagem:

- ocorrem em associação, nos fundos de vales dos rios que drenam toda a Faixa Norte da bacia, no terço inferior das vertentes, e junto às escarpas mais inclinadas do centro da bacia, locais onde houve exposição do basalto. Predominam na área da Faixa Intermediária.

Terra Roxa Estruturadamaterial de origem:

- rochas eruptivas básicas extrusivas - basalto
(Residual dos Magmatitos Básicos das unidades geológicas)

outras características:

- já descritas no item (a) para Terra Roxa Estruturada
- ligeiramente ácidos e eutróficos

posição na paisagem:

- ocorrem associados aos solos Litólicos - substrato Basalto, em relevo forte ondulado a escarpado em rochas da Formação Serra Geral, na região oeste da Faixa Intermediária, em pequena área próxima à desembocadura do Córrego do Palmital no Rio do Monjolinho.

Litólico - Substrato Basaltomaterial de origem:

- rochas eruptivas básicas extrusivas - basalto
(Residual dos Magmatitos Básicos das unidades geológicas)

outras características:

- já descritas no item (a) para Litólicos
- textura argilosa
- eutróficos

posição na paisagem:

- ocorrem na região central da bacia, nas partes mais declivosas das escarpas que separam as Faixas Norte e Sul, sendo a oeste acompanhados pela associação com o Litólico - Substrato Botucatu-Pirambóia.

Litólico - substrato Botucatu-Pirambóiamaterial de origem:

- rochas sedimentares - arenitos Botucatu e Pirambóia (Residual do Botucatu das unidades geológicas)

outras características:

- já descritas no item (a)
- textura indiscriminada
- eutróficos

posição na paisagem:

- ocorrem nas partes mais declivosas das escarpas, na região oeste da Faixa Intermediária, associadas aos Litólicos - Substrato Basalto que predominam.

HidromórficoMaterial de origem:

- sedimentos holocênicos aluvionares, inconsoli-

dados e retrabalhados (Material Aluvionar das unidades geológicas).

outras características:

- já descritas no item (a) para Hidromórficos
- diversidade textural acentuada
- altos teores de matéria orgânica
- distróficos a eutróficos

posição na paisagem:

- em área mal drenada de planície aluvial como a do Rio do Monjolinho na Represa da UFSCar.

(3) Faixa Sul:

Areias Quartzozas Profundas

material de origem:

- sedimentos cenozóicos arenosos, inconsolidados e retrabalhados dos arenitos Botucatu, principalmente, e Pirambóia (Material Arenoso I das unidades geológicas).

outras características:

- já descritas no item (a) para Areias Quartzozas
- muito profundos
- textura arenosa
- fortemente ácidos, álicos, distróficos

Posição na paisagem:

- ocupando a maior parte da Faixa Sul, em associação com o Latossolo Vermelho-Amarelo, unidade Coqueiro, em relevo suave ondulado, sem a influência dos corpos bási-

cos do tipo silt presentes na área. A leste predominam na associação e a oeste assumem posição secundária.

Latossolo Vermelho-Amarelo - unidade Coqueiro

material de origem:

- sedimentos cenozóicos arenosos, inconsolidados e retrabalhados dos arenitos Botucatu, principalmente, e Pirambóia (Material Arenoso I das unidades geológicas).

outras características:

- já descritas no item (a) para Latossolos
- muito profundos
- textura média
- fortemente ácidos, álicos e distróficos

posição na paisagem:

- a mesma descrita para Areias Quartzozas Profundas, com as quais ocorrem em associação na área, sendo predominantes a oeste e secundários a leste, na Faixa Sul.

Latossolo Vermelho-Escuro - unidade Hortolândia

material de origem

- sedimentos cenozóicos arenosos, inconsolidados e retrabalhados de arenitos, principalmente o Botucatu, com contribuição variada de materiais das rochas básicas (Material Arenoso II das unidades geológicas).

Outras características:

- já descritas no item (a) para Latossolos

- textura média, com teor de areia fina maior que o de areia grossa
- muito ácidos, álicos e distróficos

posição na paisagem:

- ocorrem em duas posições características na área: 1- no sopé das escarpas da Faixa Intermediária, em posição topográfica inferior aos solos originários dos basaltos, sendo no oeste da Faixa Sul associados aos Latossolos Vermelho-Escuro, unidade Dois Córregos; 2- nos topos das colinas no sudeste da Faixa Sul, entre os corpos básicos tipo sill presentes na área e o divisor de águas com a bacia adjacente.

Latossolos Roxos - unidades Ribeirão Preto e Barrão Geraldo

material de origem:

- rochas eruptivas básicas intrusivas - diabásios (Residual dos Magmatitos Básicos das unidades geológicas).

outras características:

- já descritas anteriormente

posição na paisagem:

- ocupam expressiva área no centro leste da Faixa Sul sobre corpos básicos do tipo sill que se encontram mais próximos à superfície nesses locais. No extremo oeste da Faixa Sul, no trecho final do Rio do Monjolinho, ocupam pequena área relativamente.

Litólico - substrato Diabásiomaterial de origem:

- o mesmo dos Latossolos Roxos anteriores

outras características:

- já descritas para o Litólico - substrato Basalto

posição na paisagem:

- no centro oeste da Faixa Sul, em encosta que margeia o Rio do Monjolinho, logo após a confluência com o Córrego da Serra que drena a área da Faixa Norte.

Litólico - substrato Botucatu-Pirambóiamaterial de origem:

- já descrito anteriormente

outras características:

- já descritas anteriormente

posição na paisagem:

- em morro testemunho, no extremo oeste da Faixa Sul, onde aparecem associados, porém predominando sobre os Litólicos, substrato Diabásio.

Hidromórfico:material de origem:

- já descrito anteriormente

outras características:

- já descritas anteriormente

posição na paisagem:

- em áreas mal drenadas de planícies aluviais como as do Rio do Monjolinho nas seguintes localidades: na região de confluência com os Córregos da Água Quente e Água Fria, a leste na Faixa Sul, e em longo trecho plano, a oeste na Faixa Sul.

4.1.5- Aspectos Geomorfológicos

a) Relevo

A Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho desenvolve-se sobre o Planalto de São Carlos, no reverso das linhas de cuestas escarpadas a leste, dentro da Província Geomorfológica de Cuestas Basálticas (PONÇANO et al., 1981).

A variedade de formas de relevo presentes na região é condicionada pela erosão que atua de forma diferenciada sobre as camadas geológicas sedimentares, menos resistentes, e sobre as camadas geológicas de rochas básicas, mais resistentes. Estas camadas intercaladas encontram-se ligeiramente inclinadas na direção noroeste, denotando um certo controle estrutural, a nível regional, da rede de drenagem. Esse padrão regional de drenagem tem na inclinação mais acentuada da camada basáltica do que as camadas cretáceas e pós-cretáceas que lhe são superpostas, a prin-

principal determinante (ALMEIDA, 1964).

Na área da bacia em questão (Figura B.48), encontram-se alguns tipos de relevo, de acordo com os critérios de PONÇANO et al. (op. cit.), tais como:

(1) Relevo Colinoso

É o tipo principal encontrado na área e faz parte da categoria maior de classificação Relevos de Degradação, em Planaltos Dissecados.

Caracteriza-se por apresentar amplitudes locais menores que 100 m, e declividades de zero a 15% predominantemente. Subdivide-se em Colinas Pequenas (áreas dos interflúvios menores que 1 Km²), Colinas Médias (áreas dos interflúvios entre 1 Km² e 4 Km²) e Colinas Amplas (áreas dos interflúvios maiores que 4 Km²).

As Colinas Médias e as Colinas Amplas dominam na área da bacia hidrográfica. Na Faixa Norte a maior expressão é a das Colinas Médias, cujos topos são aplainados e as vertentes com perfis convexos a retilíneos, e na Faixa Sul a maior expressão é a das Colinas Amplas, com topos extensos e aplainados, também com vertentes com perfis convexos a retilíneos.

(2) Relevo Escarpado

É o tipo encontrado em grande parte da Faixa Intermediária da bacia hidrográfica, o qual faz parte da categoria maior de classificação Relevos de Transição.

São caracterizadas por alta energia, intensa atuação de processos de degradação, com as vertentes apresentando freqüentemente ângulos mínimos de 45° (CHRISTOFOLETTI, 1980).

(3) Formas menos expressivas

Planícies Aluviais:

São unidades de relevo do tipo Relevos de Agrada-

ção, relacionadas à ação deposicional fluvial. Ocorrem com maior ou menor extensão principalmente ao longo do Rio do Monjolinho, na Faixa Sul, sendo destaques duas áreas também classificadas como várzeas (IVANCKO et al., 1985): a área de afluência dos Córregos da Água Quente e da Água Fria é a área do trecho longo plano, próximo à desembocadura no Rio Jacaré-Guaçu.

Testemunhos:

São unidades do tipo Relevos Residuais suportados por Litologias Particulares, originadas por processos de desnudação, porém distintas pelos substratos rochosos que as sustentam. Na Faixa Sul da área, na parte oeste, encontram-se alguns morrotes desse tipo.

b) Padrões de Drenagem

Observando-se a rede hidrográfica da bacia como um todo (Figura B.48), o padrão dendrítico de drenagem é o que parece predominar. TOLENTINO et al. (1968), ao fazerem um estudo morfométrico da rede de drenagem na parte leste da bacia, também identificaram este padrão, que se mantém para o restante da bacia.

A drenagem dendrítica é também designada como arborescente, pois seu desenvolvimento assemelha-se ao de uma árvore, onde as ramificações fluviais distribuem-se em todas as direções sobre a superfície do terreno, unindo-se em ângulos agudos variados sem chegar aos ângulos retos. Segundo CHRISTOFOLETTI (op. cit.), a existência de ângulos retos em um padrão dendrítico seria uma anormalidade relacionada a fenômenos geológicos de caráter tectônico.

Uma observação mais atenta da rede hidrográfica evidencia a existência de ângulos retos e feições lineagênicas, como as detetadas por AGUIAR (op. cit.).

A Faixa Norte mostra indícios de retilinearidade na maior parte das drenagens, que obedecem em geral às di-

reções noroeste e nordeste e que, segundo AGUIAR (op. cit.), pode estar associada a uma estrutura de caráter tectônico rígido do tipo diáclases (fraturas). Os esforços de compressão provocados nos basaltos e rochas adjacentes, durante os derrames juro-cretáceos, e posterior alívio dessas tensões durante o resfriamento do magma, produziram este sistema de fraturas.

Na parte escarpada da Faixa Intermediária, um grande número de pequenos córregos drena essa área, o que é característico desse relevo de transição de alta energia.

Portanto, percebe-se que o padrão de drenagem da Faixa Norte e Intermediária é totalmente condicionado pela relativa impermeabilidade da camada basáltica e sua estrutura de diáclases, capeada por material com boa drenabilidade em profundidade (sedimentos do Grupo Bauru, Material Arenoso III, latossolos).

Na Faixa Sul o padrão de drenagem é completamente diferente, sendo a rede de drenagem pouco desenvolvida em função da excessiva drenabilidade em profundidade do material superficial, quase sempre não assentado em substrato impermeável.

Os arenitos Botucatu, predominantemente, e Pirambóia, e as coberturas cenozóicas deles derivados apresentam estas características. Observam-se, porém, maiores ramificações do Córrego da Água Fria e maior densidade de drenagem em área adjacente a esse córrego a oeste, devido à proximidade de corpos básicos do tipo sill, presentes na área. Interessante ainda, é a configuração da drenagem superficial do Córrego da Água Quente, cujos afluentes da margem direita são abundantes, drenando as escarpas impermeáveis basálticas e os da margem direita são poucos, já sobre material arenoso, bastante drenável em profundidade.

Feições lineagênicas são observadas também nas drenagens que ocorrem na Faixa Sul, sobre material arenoso (Material Arenoso I e Material Arenoso II, Areias Quartzozas Profundas, Latossolo Vermelho-Amarelo, unidade Coqueiro). Porém, os lineamentos sobre os Córregos da Água Quente e da Água Fria especialmente, não teriam as mesmas causas

dos lineamentos da Faixa Norte, e estariam ligados à gênese do Arenito Botucatu. Esses lineamentos, segundo AGUIAR (op. cit.), poderiam estar associados às fortes ondulações das cristas de dunas caminhanças, cujos flancos de barlavento estariam voltados para nordeste, o que justificaria a retilinearidade dos córregos na direção noroeste.

c) Aspectos Morfométricos

O estudo morfométrico de uma bacia hidrográfica compreende o levantamento de índices, relações e valores numéricos que descrevem a natureza de um sistema natural de drenagem (TOLENTINO et al., op. cit.). Alguns desses valores serão aqui relacionados para a Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho.

Inicialmente, em termos de hierarquia fluvial, que é o processo de se estabelecer a classificação de determinado curso d'água, ou de sua área drenada, no conjunto total da bacia hidrográfica (CHRISTOFOLETTI, op. cit.), o sistema de drenagem do Rio do Monjolinho é de 4ª ordem, segundo critério de STRAHLER (1952) (in CHRISTOFOLETTI, op. cit.). Passa a ser de 4ª ordem, quando da confluência com o Córrego do Gregório, de 3ª ordem, em área urbana da bacia. Outros de seus afluentes ao sul e a oeste da área urbana, são de 3ª ordem, como os Córregos da Água Quente e Água Fria, na margem esquerda, e os Córregos do Can-Can e do Palmital, na margem direita.

O comprimento do canal do Rio do Monjolinho, partindo de seu ramo esquerdo das nascentes mais elevadas (cota = 900 m), a leste da cidade de São Carlos, até a confluência com o Rio Jacaré-Guaçu (cota = 543 m), é de aproximadamente 43,25 Km, medida feita em folhas topográficas em escala 1:10.000.

Assim, o gradiente do canal principal, expresso pela divisão, da diferença de cotas entre as nascentes e a desembocadura do rio, pelo comprimento do canal, é de aproximadamente 0,76% de declividade.

A área da bacia hidrográfica, medida com planímetro em mapa de escala 1:50.000, é aproximadamente 273,77 Km², e o perímetro, também medido em mapa de escala 1:50.000, é aproximadamente 84,75 Km.

A forma de uma bacia determina a maneira de distribuição do deflúvio ao longo do curso d'água principal e é responsável em grande parte pelas características de enchentes que possam nela se expressar (MATTOS, 1980). Para isso pode-se comparar seu perímetro à circunferência cuja área seja igual à da bacia em questão, dividindo-se o primeiro pelo segundo. TOLENTINO et al. (op. cit.) denominam essa relação de índice de forma e MATTOS (op. cit.) de coeficiente de compacidade. Quanto mais próximo o valor dessa relação for da unidade, mais circular será a forma da bacia e mais propensa será às enchentes.

O índice de forma obtido para a Bacia do Rio do Monjolinho foi de 1,44, portanto com pouca propensão às enchentes.

Outro índice importante é a densidade de drenagem que correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica e segundo HORTON (1945) (in CHRISTOFOLETTI, op. cit.) pode ser calculada pela divisão do comprimento total dos canais presentes na bacia, pela área total drenada. Portanto, para a Bacia do Monjolinho, calculou-se o comprimento total dos canais em 304,95 Km, a partir de mapa em escala 1:50.000, e juntamente com o valor já calculado para a área, obteve-se uma densidade de drenagem de 1,11 Km/Km², considerada mediana por MATTOS (op. cit.), porém entre as melhores drenagens superficiais de todas as sub-bacias do Rio Jacaré-Guaçú.

Dois índices derivados da densidade de drenagem são o coeficiente de manutenção (SCHUMM, 1956, in TOLENTINO et al., op. cit.) e a extensão do percurso superficial (HORTON, 1946, in TOLENTINO et al., op. cit.). O coeficiente de manutenção refere-se à área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento, enquanto a extensão do percurso superficial representa a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o ca-

nal permanente.

Para a bacia em questão, o coeficiente de manutenção, calculado pelo inverso da densidade de drenagem, multiplicado por 1.000, é de 897,75 m²/m; e a extensão do percurso superficial, calculada como o inverso do dobro da densidade de drenagem, é de 449 m.

4.1.6- Cobertura Vegetal Primitiva

A região da Bacia Hidrográfica do Rio do Monjoli-
nho localiza-se em faixa de transição e contato entre dois
grandes domínios morfoclimáticos brasileiros. Segundo mapa
descritivo em AB' SABER (1971), a oeste estaria o Domínio
dos Chapadões recobertos por Cerrado e penetrados por Flo-
restas-Galeria, e a leste e sul estaria o Domínio dos Mares
de Morros Florestados.

Os domínios morfoclimáticos são grandes áreas do
espaço geográfico, no interior de uma área continental, on-
de predominam feições morfológicas e condições ecológicas
integradas. Incluem diversas regiões naturais e comparti-
mentos topográficos, conservando, porém, condições
geo-ecológicas extensivas, feições geomórficas aparentadas,
associações regionais de solos específicos, coberturas ve-
getais naturais características e condições hidrológicas
diferenciadas em relação aos domínios morfoclimáticos e
biogeográficos adjacentes (ACIESP, 1987).

Neste contexto, chamar-se-á de Cobertura Vegetal
Primitiva àquela originada dos "stocks" formados durante a
era Cenozóica entre os períodos Terciário e Quaternário,
quando predominaram climas tropicais úmidos, e que, a par-
tir do Quaternário, flutuaram no espaço, sob o controle das
sucessivas mudanças da instável paleoclimatologia quaterná-
ria. Assim, alternaram-se nesses períodos, paisagens de
climas úmidos, com intemperização química acentuada dos li-
tótípos e estabilização do relevo pela expansão de flores-
tas tropicais úmidas de leste para oeste, e paisagens de
climas secos, com morfogênese mecânica predominante e re-

tração das florestas aos grotões que guardavam alguma umidade, além do predomínio de vegetação raquítica e espaçada (AB'SABER, op. cit.).

Portanto, a cobertura vegetal primitiva da bacia hidrográfica expressava-se em mosaico, devido às características transicionais em relação aos domínios morfoclimáticos adjacentes. Como já foi visto anteriormente, há uma variedade topográfica, litológica e pedológica na bacia, sendo o clima, transitório entre os mais úmidos de leste e os mais secos de oeste. Dentre esses 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.

Assim, baseando-se nas observações dos relictos de vegetação primitiva presentes na área da bacia e na região, e nas observações regionais descritas nos trabalhos de SETZER (1966), EITEN (1970), OLIVEIRA e PRADO (1984) e MORAES (1985), pode-se inferir que:

(1) os solos presentes nas escarpas e fundos de vales da Faixa Intermediária, originários dos basaltos ou sob forte influência destes, e aqueles presentes na Faixa Sul, originários dos diabásios ou sob forte influência destes, apresentavam como vegetação primitiva a Floresta Mesofítica Semidecídua. Esta também se encontrava sobre os solos de textura argilosa dos topos das colinas da Faixa Norte, porém acompanhada de Cerradões e Cerrados, conforme os solos adjacentes fossem gradualmente mais ácidos, com menor fertilidade e maior presença de alumínio trocável (álícos).

(2) nos solos arenosos, profundos, ácidos, pouco férteis e álícos da Faixa Sul, a presença do Cerrado foi marcante, com graduações para Cerradão, conforme estes solos tivessem influência do material proveniente das rochas básicas, próximo às encostas escarpadas da Faixa Intermediária ou próximo aos corpos básicos do tipo sill, presentes na área.

(3) cabe ressaltar que, devido à evolução da vegetação em tempos de baixa interferência antrópica, esta graduação de tipos de vegetação em função de caracteres físico-químicos dos solos nem sempre foi regra. Por exemplo, OLIVEIRA e PRADO (op. cit.) observaram a presença de formação florestal semidecidual em solos pobres e álicos do tipo Areias Quartzozas. Talvez isto possa ser explicado por uma maior presença de matéria orgânica nas camadas superficiais desses solos, formada em maiores escalas de tempo.

(4) junto aos rios e riachos encontravam-se desde formações abertas sob a influência de água doce (brejos, pântanos, etc.) até matas mais fechadas, mais densas, com graus variados de influência do lençol freático e da qualidade dos alúvios que os suportavam.

Das formações vegetais citadas, CATHARINO (1989) se refere à floresta semidecídua como sendo mais seca que a floresta úmida de encosta da Província Geomorfológica do Planalto Atlântico, porém menos xeromorfa que o cerrado, predominante na Província Geomorfológica do Planalto Ocidental de São Paulo.

EITEN (op. cit.) caracteriza a floresta semidecídua como uma forma transicional em composição de espécies entre a floresta sempre-verde (no caso a floresta úmida de encosta) e o cerrado, com predominância de influência da floresta sempre-verde. Já o cerrado seria a forma transicional entre a floresta semidecídua e o cerrado, com predominância de influência deste último. O padrão de distribuição dos tipos de vegetação estariam relacionados na região com o tipo de rocha e posição topográfica, ambos agindo por meio dos solos que resultam em cada posição, como já visto.

As plantas lenhosas do cerrado, em qualquer de suas categorias estruturais, dos campos cerrados aos cerrados, têm feições xeromorfas que as distinguem das plantas lenhosas das florestas verdadeiras. Cada espécie de planta lenhosa do cerrado não apresenta todas as feições xeromorfas mas, um trecho do cerrado quase sempre pode ser reco-

nhecido como tal, por apresentar alta proporção de plantas com: (1) poucas folhas e grandes, quando simples, (2) folhas duras, coriáceas e pilosas, (3) casca grossa, corticosa e fendilhada, (4) troncos inclinados ou retorcidos e galhos retorcidos, (5) nas formas mais abertas do cerrado, copas arbóreas mais largas em relação à altura, (6) copas das árvores internamente mais ou menos abertas em vez de densas (EITEN, op. cit.). GOODLAND (1971) sugere que o xeromorfismo presente nos cerrados possa ser devido, além de outros fatores, ao oligotrofismo dos solos que os suportam, agravado pela grande concentração de alumínio trocável, que pode ainda ser tóxico às plantas.

4.2- Características Antrópicas de Ocupação e Utilização da Bacia Hidrográfica

4.2.1- Aspectos Históricos

O ritmo de ocupação do território brasileiro se fez de acordo com a postura mercantil e pragmática dos portugueses face às terras conquistadas e às condições fisiográficas em que elas se encontravam. Assim, adaptando-se às condições climáticas tropicais fixaram-se de início no litoral, exercendo uma colonização costeira fundada no mercantilismo exportador de produtos do extrativismo e da cana-de-açúcar, cultivada no sistema de "plantations" (PONÇANO et al., 1981).

Portanto, a interiorização da colonização se deu aos poucos, tendo este processo se desenvolvido principalmente no estado de São Paulo, devido à peculiaridade de seu meio físico. Pode-se dizer que a ocupação e exploração do território paulista processou-se pela conquista progressiva de seus compartimentos fisiográficos: iniciando-se no litoral, venceu a barreira da Serra do Mar, alcançando o Planalto Atlântico, onde aproveitando a malha viária indígena pré-existente ocupou a Depressão Periférica, e ultrapassando os obstáculos das Cuestas Basálticas, avançou para o in-

terior em tarefas de apresamento de índios e busca de minérios (PONÇANO et al., op. cit.).

Segundo NÓBREGA (1981), no início do século XVIII a atividade dos pioneiros exercitou-se preferencialmente por terra e daí por diante os rios tiveram a preferência das expedições. Assim, os chamados Sertões de Araraquara, inicialmente habitados por índios Guayanazes, foram sendo ocupados por bandeirantes e boiadeiros, havendo a passagem por essas terras da primeira estrada que conduzia a Cuiabá, em cuja região havia sido descoberto ouro entre o final do século XVII e o início do século XVIII.

Neste contexto, foi se desenvolvendo a cidade de São Carlos às margens do picadão de Cuiabá, estrada que cortava o futuro perímetro urbano no rumo da atual Rua Episcopal, paralela à Avenida São Carlos que praticamente corta a cidade inteira (NEVES, 1989).

A história do movimento colonizador nesta região, onde se encontra a Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho, relatada por alguns autores como BRAGA (1894), CAMARGO (1928), MOURA (1967) e sintetizada em parte por AGUIAR (1988), revela a partir do século XVIII a presença de posseiros, os quais conseguiram a concessão de cartas de sesmarias através do governador da Capitania de São Paulo.

A sucessão de diversos donos das sesmarias, entre elas as do Monjolinho (atual UFSCar) e do Pinhal (atual Cathedral), seja por posse ou herança, foi fato característico do século XIX, sendo nesse período iniciado o processo que levou o local da categoria de povoado, à freguesia, à vila e finalmente à cidade em 1880. Para isto contribuiu decisivamente a cultura do café, que teve início em 1831 com Carlos José Botelho, dono da Sesmaria do Pinhal, e se expandiu a ponto de se tornar produto de exportação, provocando sensível crescimento populacional e crescimento urbano.

Cabe ressaltar que o reverso das Cuestas Basálticas, onde se encontra a área em estudo, expondo grandes áreas de solos originários dos basaltos e diabásios, em relevos colinosos, desempenhou importante papel na cultura do café, quando este em seu roteiro deixou para trás o Vale do

Paraíba e a Depressão Periférica (PONÇANO et al., op. cit.). Além disso, a perfeita adaptação da cultura do café ao clima da região, associada a outros fatores conjunturais do final do século XIX e início do século XX, foram causa do adensamento populacional e urbano na região. Entre outros fatores têm-se: (1) a expansão do, recém-criado na época, mercado consumidor norte-americano que privilegiava produtores de café não ligados diretamente a Inglaterra, (2) a abolição da escravidão, que criou uma massa imensa de novos trabalhadores livres, que conjuntamente com a decadência econômica da região Nordeste brasileira, provocaram fluxos migratórios de trabalhadores para o Sudeste, em franca expansão econômica, (3) imigração de trabalhadores europeus, principalmente italianos, para trabalhar na lavoura do café (PRADO-JÚNIOR, 1977).

O avanço para oeste do processo de ocupação em território paulista, na busca de terras virgens para novas plantações de café, teve grande influência dos transportes ferroviários, de conhecida ação pioneira (PONÇANO et al., op. cit.). Assim, o incremento dos transportes no final do século XIX e início do século XX, com a linha férrea ligando São Carlos a Rio Claro, além do início da utilização de bondes no transporte interno, fez com que houvesse um aumento da mancha urbana na região (AGUIAR, op. cit.).

Foi nesse período que provavelmente surgiu a primeira indústria poluidora das águas da Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho, às margens de seu afluente o Córrego do Gregório, onde foi instalada a Indústria Carlos Facchina (1913), que produzia adubos, cola e inseticidas agrícolas, sendo seus resíduos jogados diretamente no corpo d'água causando forte odor (NEVES, 1984, in SANTOS, 1990). É bastante provável que anteriormente o ambiente absorvia os resíduos humanos, o que passou a se agravar com o desenvolvimento urbano e o aumento populacional. Sabe-se que entre 1925 e 1930 funcionou uma estação de tratamento de esgotos às margens do Córrego do Gregório, sendo essa desativada após 1930 (SANTOS, op. cit.).

Após a crise mundial de 1929, a cultura do café,

que era a base econômica não só da região como do próprio país, declinou, pois estava a sua produção totalmente direcionada ao mercado externo, como era de praxe em todo o sistema produtivo brasileiro desde os tempos de colônia, com reflexos fortes na economia até a atualidade (PRADO-JÚNIOR, op. cit.). A partir disso passou a haver uma diversificação nas atividades agrícolas para atender à demanda interna, com destaque na região para a pecuária, que se intensificou, e para o início da avicultura de corte. O uso industrial do solo urbano acentuou-se a partir da década de 40, também pela necessidade de adaptação à crise (AGUIAR, op. cit.).

O processo de industrialização mais intensivo teve início na década de 50, havendo forte expansão na década de 60, até os dias de hoje, não havendo, entretanto, uma evolução paralela dos sistemas de tratamento de resíduos, nem a adoção dos existentes pelas indústrias (GONÇALVES, 1986). Assim, São Carlos tornou-se um grande pólo industrial do Estado de São Paulo, havendo com isso grandes alterações na região, como a grande urbanização da área com alta concentração populacional, e a baixa densidade em área rural provocada por um êxodo no campo.

Portanto, de modo geral, a ocupação antrópica intensiva da área da bacia hidrográfica tem fortes características conjunturais a princípio, quando o café foi a cultura pioneira na ocupação dos solos de grande parte do centro-oeste paulista, sendo substituída por outras culturas conforme o grau de esgotamento desses solos, sempre ao sabor das solicitações do mercado internacional; e posteriormente, em fase também marcada por aspectos conjunturais, quando um mercado de consumo interno mais forte se constituiu em torno das cidades, a agricultura se diversificou e a indústria se desenvolveu, criando raízes na região, sendo esse processo acompanhado por grande concentração populacional urbana e conseqüente rarefação rural.

Fortes transformações na paisagem da região foram também causadas pelo Programa Pró-Álcool, a partir de 1975, com o plantio de cana-de-açúcar em grandes extensões de

terra e o problema da disposição de grandes volumes de vinhoto (vinhaça) pelas Usinas de Álcool da ordem de 15 l de vinhoto para cada 1 l de álcool produzido. O vinhoto é um resíduo líquido com alto teor de carbono e com características físicas que dificultam, ou mesmo, impedem a sua disposição econômica no solo (CARDOSO e TOLEDO, 1984; OLIVEIRA, 1988). Esse resíduo é armazenado em grandes lagoas próximas às usinas, havendo problemas sérios para os corpos d'água quando ocorrem vazamentos em períodos de muita chuva, ou mesmo quando esses 'vazamentos' são propositais, causando forte depressão do oxigênio dissolvido na água, devido ao súbito desenvolvimento dos microrganismos decompositores de matéria orgânica, e a conseqüente morte de muitos organismos aeróbios.

Com o processo de industrialização, expansão urbana e concentração demográfica, a demanda por água na região de São Carlos se alterou completamente nessas décadas, tanto quantitativa como qualitativamente. A água de abastecimento, que no passado era suprida pelas nascentes do Rio do Monjolinho (GONÇALVES, op. cit.), hoje é obtida de quatro fontes, sendo o Ribeirão do Feijão, externo à Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho, a mais importante (PMSC, 1989). As águas da Bacia do Rio do Monjolinho, onde se encontra a cidade de São Carlos, não são em geral aproveitadas por terem baixa qualidade, devido à poluição na maior parte do curso do rio e seus afluentes.

Esse breve histórico da região indica como possíveis causas mais fortes da degradação ambiental na área da bacia hidrográfica: (1) o processo de ocupação espacial em si, desde o desmatamento excessivo, passando pela agricultura intensiva com empobrecimento dos solos (físico, químico e biológico), até o processo de grande concentração urbana; e (2) a falta de adoção de sistemas de tratamento de resíduos pelas indústrias durante a sua expansão, com a conivência dos órgãos públicos, além da falta de tratamento de esgotos domésticos por esses mesmos órgãos.

Vale ainda ressaltar que esse processo de ocupação e utilização da bacia hidrográfica insere-se em um qua-

dro geral, e ainda bastante atual, caracterizado pelo desenvolvimento de uma estrutura econômica, política e social bem definida, de forma a beneficiar interesses econômicos de alguns grupos de expressão local, regional, nacional ou internacional, que controlam a produção e o fluxo de bens, e que privilegiam o suprimento de mercados externos aos locais de produção. Em contrapartida pouco fica para a maior parte da população de onde a riqueza é gerada, podendo-se verificar isso a nível nacional, no relato da história econômica do país por PRADO-JÚNIOR (op. cit.), como também a nível local, no trabalho de AMADOR (1981) sobre o urbano de São Carlos dentro da conjuntura nacional nas décadas de 60 e 70. Um dos muitos resultados negativos desse processo são as fracas raízes da maioria das populações com os seus locais de trabalho e moradia, devido ao esquema viciante impresso pelo sistema produtivo, o que provoca pouca vivência fora do ambiente de trabalho, muitas vezes alienação e junto com a pouca informação das pessoas pode torná-las pouco capazes de perceber e resolver os seus problemas, entre eles os ambientais.

Portanto, fica patente a total ausência de preocupação com as alterações ambientais provocadas pela intervenção humana na paisagem, seja diretamente pela ocupação física irresponsável do espaço, fortemente direcionada por interesses econômicos, seja pela via indireta das alterações de processos ecológicos, resultantes desse modo de ocupação na região.

4.2.2- Aspectos Recentes

a) Demográficos e Sócio-Econômicos

Fatores sócio-econômico-políticos, aliados a fatores fisiográficos da região, condicionaram a dinâmica de ocupação antrópica e do tamanho e distribuição da população na área da bacia hidrográfica.

Segundo AGUIAR (op. cit.), até a década de 40 a

população do município de São Carlos era predominantemente rural, sendo a população urbana em 1940 de 22.575 habitantes (47% da total). Entre as décadas de 40 e 60 houve uma aceleração da concentração urbana, com grande aumento dessa população, que em 1960 era de 58.837 habitantes (81% do total). Da década de 60 à de 80 chegou-se a uma maior concentração, com a população urbana em 1980 de 109.167 habitantes (91% do total).

Dados da Prefeitura Municipal de São Carlos (PMSC, op. cit.) indicam para o município em 1989, uma população urbana estimada em 148.508 habitantes (93% da total).

Considerando-se que praticamente toda essa população urbana se concentra em área interior aos limites da bacia hidrográfica (Figura B.49), e além disso a área da bacia (274 km²) é aproximadamente quatro vezes menor que a área do município de São Carlos (1.132 km²), pode-se considerar que a população urbana presente na bacia hidrográfica está entre 99% e 100% da população total na bacia.

Portanto, a grosso modo, podem-se conhecer algumas características da população humana presente na bacia hidrográfica através dos dados apresentados para a população do Município de São Carlos (AGUIAR, op. cit.; PMSC, op. cit.).

Assim, trata-se de uma população basicamente formada por jovens (60% da população com menos de 30 anos), com grau de alfabetização em torno de 90%. Um terço da população tem escolaridade distribuída entre a Prê-Escola e a Universidade, sendo as parcelas mais expressivas dessa parte da população, de 60% para 1^o e 2^o graus e de 20% para os universitários.

Em área urbana, essa população tem atividade econômica em cerca de 2.050 estabelecimentos comerciais e 593 indústrias, segundo dados de 1989, o que torna a cidade um centro consumidor, mas principalmente produtor de bens industriais, devido à diversificação do parque industrial, cujo valor econômico é mais expressivo. Além disso, existem as atividades de profissionais liberais diversificados, dos

trabalhadores da construção civil e dos servidores públicos federais, estaduais e municipais que mantêm a infra-estrutura de serviços públicos (saúde, saneamento, educação, administração, etc.).

Em área rural da bacia hidrográfica, existem atividades extrativas (reflorestamento e mineração de pedra e areia), de pecuária (bovinocultura de leite e corte, avicultura de corte e ovos), de agricultura (principalmente cana-de-açúcar) e de agro-indústria (usina de açúcar e álcool). Todas estas atividades empregam pequena parte da população total da bacia, sendo a de agro-indústria, que emprega parte da população de Ibaté, a mais importante neste sentido.

b) Ocupação Espacial

(1) Remanescentes de Vegetação Primitiva ou em Regeneração

Originalmente a vegetação primitiva na área da bacia hidrográfica apresentava-se como um mosaico de tipos de vegetação com fisionomia e composição florística próprias, porém com continuidade e transições geralmente não bruscas entre os tipos.

O processo de ocupação antrópica na área da bacia hidrográfica promoveu, ao longo de sua história, a fragmentação dessa cobertura vegetal primitiva, na maioria das vezes empobrecendo e isolando entre si os relictos dos tipos de vegetação original. Isso ocorreu em todo o estado de São Paulo (VICTOR, 1975), provocou e tem provocado a extinção de um número incalculável de populações, espécies, comunidades e ecossistemas (VIANA, 1990).

A ação antrópica sobre a vegetação original resultou no aparecimento de outras classes derivadas das primárias ou virgens, por derrubada, queima, limpeza parcial ou completa, e sucessão secundária subsequente (EITEN, op. cit.).

Assim, de acordo com observações pessoais deste autor, de técnicos do escritório regional de São Carlos do Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais (DEPRN) da Secretaria de Meio Ambiente de São Paulo, e também de acordo com a 1ª edição do Mapa de Vegetação Natural no Estado de São Paulo, baseado em imagens de satélite (DEPRN, 1989), produziu-se parte da Figura B.49 e obtiveram-se as seguintes informações para a Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho em 1989:

1- A área total da vegetação natural, primitiva ou primária e secundária ou em regeneração, era 23,97 km² (8,8% da área total da bacia).

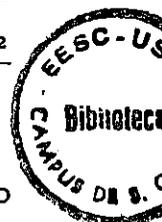
2- O padrão mata, composto de relictos de floresta mesofítica semidecídua primária e estágios avançados de regeneração, contribui com 1,34 km² desse total (0,5% da área total da bacia).

3- O padrão capoeira, composto de relictos de estágios médios de regeneração da floresta mesofítica semidecídua (EITEN, op. cit.), contribui com 4,22 km² (1,5% da área total da bacia).

4- O padrão cerradão, composto de relictos de transições primárias entre a floresta mesofítica semidecídua e o cerrado (EITEN, op. cit.), contribui com 9,54 km² (3,5% da área total da bacia).

5- O padrão cerrado, cuja ocorrência na área não se sabe ao certo se é primária ou secundária (EITEN, op. cit.), contribui com 6,96 km² (2,5% da área total da bacia).

6- O padrão várzea, composto por vegetação aquática ou semi-aquática acompanhadas de formações florestais ou não (DEPRN, informação pessoal), contribui com 1,91 km² (0,7% da área total da bacia).



7- Cabe ressaltar que a área de vegetação natural na bacia era ligeiramente maior, em 1989, que a apresentada na Figura B.49, devido à não discriminação, pelo satélite, de pequenas áreas em estágios iniciais de regeneração em relação a pastagens e estágios com porte baixo de culturas anuais, por exemplo, porém esse acréscimo de vegetação em regeneração não ultrapassaria 10% do total calculado, segundo técnicos do DEPRN.

8- A distribuição espacial dos relictos de vegetação natural na área da bacia hidrográfica (Figura B.49) corresponde, de modo geral, à distribuição espacial da cobertura vegetal primitiva, inferida em item anterior, de acordo com o mosaico de substratos geológicos e solos, porém mostra uma fragmentação acentuada por ação antrópica, apresentando poucos relictos expressivos de vegetação primária (primitiva ou com fortes características dessa, segundo EITEN, op. cit.).

9- Existem na área 77 relictos (fragmentos) de vegetação natural de diversos tipos, formas, graus de isolamento e classes de tamanho (Tabela A.1, segundo classificação de VIANA, op. cit.).

10- Da Tabela A.1 pode-se observar que o maior número de relictos se encontra na classe de zero a 10 hectares, porém com baixa porcentagem de área total dos tipos de vegetação, enquanto grande parte da área total se concentra em poucos relictos com tamanho maior que 40 hectares.

11- Grande parte desses relictos estão localizados em áreas de preservação permanente, segundo Código Florestal (Lei 4.771/65, alterada pela Lei 7803/89), ou seja, às margens dos córregos e rios da bacia ou em relevo escarpado da Faixa Intermediária, onde a declividade média é maior que 45°.

12- Os relictos mais expressivos de cada tipo são:

(a) Mata - Córrego do Palmital (61 ha) e trecho final do Rio do Monjolinho (23 ha), na parte oeste da bacia.

(b) Capoeira - nas escarpas adjacentes à margem direita do Rio do Monjolinho, na parte oeste da bacia, próximo ao Córrego da Serra (73 ha) e próximo à desembocadura do Córrego do Cancã no Rio do Monjolinho (38 ha).

(c) Cerradão - na parte oeste da bacia, na Faixa Sul, o maior relictó de vegetação natural presente com 936 ha, embora parte desta área seja entremeada por eucaliptos e tenha estrada de terra cortando o relictó.

(d) Cerrado - na Faixa Sul, a sudoeste da área urbana, entre os Córregos da Água Quente e da Água Fria, com 153 ha em área mais próxima às nascentes e 207 ha em área mais próxima aos cursos médios desses córregos.

(e) Várzea - na parte oeste da bacia, entre a desembocadura do Córrego do Cancã no Rio do Monjolinho (39 ha) e desse no Rio Jacaré-Guaçú (96 ha).

(2) Ocupação Urbana e Rural

A evolução do traçado urbano é abordada por AGUIAR (op. cit.) em seus estudos, após análise de documentos históricos textuais e cartográficos que apontam um desenvolvimento concêntrico da mancha urbana a partir do "picadão de Cuiabá", que passava pelo atual centro da cidade, e das primeiras vias de circulação.

Segundo esse mesmo autor, inicialmente o padrão urbano era ortogonal provavelmente devido aos seguintes fatores: (a) retilinearidade com direção N-S do "picadão de Cuiabá"; (b) padrão europeu adotado por topógrafo francês para várias cidades da região (Rio Claro, Araraquara e outras); (c) influência do paralelismo dos córregos e patama-

res topográficos altos com direção E-W aproximada na área; (d) influência de saídas da cidade para outras localidades com a mesma direção.

No final do século XIX e início do século XX, houve mudança no padrão ortogonal da cidade, devido ao surgimento da ferrovia, construção da Vila Operária Ana Prado e interligação dessa com outros bairros através de bondes e arruamentos.

Pode-se observar isso na Figura B.49, na qual consideram-se os limites do traçado urbano como sendo aqueles onde se encontram arruamentos como infraestrutura urbana mínima. Até 1940, permaneceu o padrão urbano ortogonal, com a mudança da Vila Ana Prado a sudoeste, havendo posteriormente fortes alterações no ritmo de crescimento da cidade, devido às mudanças econômicas que se sucederam.

Assim, nas décadas de 50 e 60, o desenvolvimento do processo de industrialização promoveu, junto à melhoria dos sistemas de transporte e comunicação, os maiores índices de crescimentos populacionais urbanos, com aumento acelerado da mancha urbana, e conseqüente êxodo rural (AGUIAR, op. cit.).

Nas últimas décadas há uma tendência à estabilização no crescimento urbano, e além disso a mancha urbana encontra-se limitada pela topografia acidentada ao sul e sudoeste da cidade, pelas estradas estaduais que a cercam, exceto a oeste, e pelas nascentes do Rio do Monjolinho e alguns afluentes que participam do abastecimento de água da cidade, e cujas áreas foram desincentivadas para a ocupação urbana em planos diretores da cidade (AGUIAR, op. cit.).

A ocupação urbana é preferencialmente residencial, com concentração comercial no centro da cidade e industrial em áreas a norte-noroeste e a sul-sudeste (GONÇALVES, op. cit.; AGUIAR, op. cit.). Mais recentemente, loteamentos têm sido estabelecidos a noroeste da cidade, em direção aos afluentes da margem esquerda do Córrego do Can-Can, a leste, em direção ao curso alto do Córrego do Gregório, e ao sul, entre os Córregos da Água Quente e da Água Fria, em direção ao Rio do Monjolinho.

A ocupação da área considerada rural, como já visto, foi fortemente impulsionada a princípio pela cultura cafeeira nos solos mais férteis, originários das rochas eruptivas básicas, com grande devastação da vegetação natural. A expansão de pastagens se deu, além da demanda crescente por leite e carne, em função da pouca fertilidade mineral do restante dos solos da área e do empobrecimento em matéria orgânica desses e dos solos mais férteis, após a alteração de condições mais primitivas sob vegetação natural e posterior cultivo intensivo. Após o Programa Nacional do Alcool em 1975, a cana-de-açúcar se expandiu na área da bacia.

Excetuando-se as áreas urbanas e de vegetação primitiva ou em regeneração mais recentemente o quadro de ocupação rural apresenta as seguintes características, segundo informações obtidas em GONÇALVES (op. cit.) e AGUIAR, (op. cit.) e imagens de satélite (DEPRN, op. cit.) e fotos aéreas (TERRAFOTO, 1988), além de excursões deste autor pela bacia:

(a) a maior parte da área, a oeste da cidade, é ocupada pela cultura da cana-de-açúcar, consumida pela agro-indústria da Usina da Serra, situada às margens do Córrego da Serra, antes desse descer as escarpas da Faixa Intermediária e desaguar no Rio do Monjolinho; (b) as pastagens ocupam em sua maior parte as áreas adjacentes ao trecho inicial do Rio do Monjolinho e seus formadores, a nordeste da cidade, estando outras áreas na parte sul da bacia, próximas aos formadores do Córrego da Água Fria, e no extremo oeste do Rio do Monjolinho, junto ao seu trecho final; (c) em áreas ao redor do perímetro urbano encontram-se pequenos maciços de reflorestamento (pinheiros e eucaliptos), locais com culturas anuais, com culturas perenes, granjas avícolas, além de propriedades com atividade extrativa mineral, destacando-se os portos de areia na região dos Córregos da Água Quente e principalmente da Água Fria; (d) sítios e chácaras para lazer misturam-se aos loteamentos em áreas sub-urbanas.

Considerando-se que houveram poucas alterações das áreas de vegetação primitiva ou em regeneração de 1989 para 1990 e da área urbana de 1988 a 1990, as áreas planimetradas nos limites da bacia hidrográfica (Figura B.49), correspondentes aos períodos de coleta de água no Rio do Monjolinho em 1989 e 1990, como será visto adiante, foram à grosso modo:

<u>Área Total da Bacia:</u>	273,77 km ²	100%
<u>Área de Vegetação Primitiva ou em Regeneração:</u>	23,97 km ²	8,8%
<u>Área Urbana:</u>	34,38 km ²	12,6%
<u>Área Rural:</u>	215,42 km ²	78,7%

c) Utilização das Águas

A demanda por água para as atividades rurais na bacia foi sempre suprida pelos recursos hídricos próprios da área, ou seja, através de represamentos de tamanhos variados dos cursos d'água, e de cisternas e poços mais profundos na captação de águas subsuperficiais e subterrâneas.

Na área urbana, o desenvolvimento da cidade de São Carlos alterou de forma progressiva a demanda por água, tanto quantitativa como qualitativamente, ou seja, com a aceleração da industrialização e do aumento da população urbana nas décadas de 50 e 60, diversificou-se o uso da água para os vários processos industriais e para o uso doméstico, requerida em grandes quantidades.

Assim, iniciaram-se, ao final da década de 60, estudos para a implantação de captação de água em outra bacia hidrográfica, a do Ribeirão do Feijão (MATTOS, 1968; AMADOR, op. cit.), devido aos seguintes fatores: (1) as águas do curso superior do Rio do Monjolinho, de seus formadores e afluentes, não mais atendiam à demanda

crescente (POVINELLI e MARIANO, 1968, in MATTOS, op. cit.), além de estarem poluídas as potenciais fontes da bacia hidrográfica; (2) o subsolo em área urbana e proximidades (aquéferos subsuperficiais Bauru e Serra Geral, segundo AGUIAR, op. cit.) continha pouca água; (3) o elevado custo de se construírem poços artesianos que perfurassem a "laje" basáltica na área e atingissem profundidades no aquífero Botucatu (principal reservatório na área, segundo DAEE, op. cit.) com vazões compatíveis com a demanda.

A captação de água no Ribeirão do Feijão se concretizou no início da década de 70, após a criação do Serviço Autônomo de Águas e Esgotos de São Carlos (SAAE), o qual melhorou bastante o serviço de águas e esgotos da cidade, em um dos poucos períodos em que o Poder Executivo Municipal respeitou uma Assessoria Técnica de Planejamento (AMADOR, op. cit.). Portanto, devido aos fatores enumerados foi necessária a captação de águas superficiais externas à Bacia do Monjolinho para atender à demanda.

Mais recentemente, segundo PMSC (1989), a captação total de água para a cidade era de 710 l/s, sendo 295 l/s (41,5%) do Ribeirão do Feijão, 15 km ao sul da cidade (GONÇALVES, op. cit.), e o restante de águas da Bacia do Monjolinho, ou seja, do Córrego Santa Maria Madalena, 50 l/s (7,0%), do Espreado, 175 l/s (24,6%), e de poços tubulares (26,8%). O sistema de tratamento tinha uma capacidade nominal de 520 l/s, com uma média diária de 35.751 m³ de água tratada, distribuída em rede de 418.000 m e 37.888 ligações domiciliares (PMSC, op. cit.).

Quanto ao sistema de esgotos, existe um sistema de coleta pública, porém não existe sistema de tratamento. Se anteriormente ao processo intensivo de crescimento urbano e concentração populacional, o Rio do Monjolinho sofria pequeno impacto dos resíduos urbanos, já em 1961 metade dos volumes drenados à jusante da cidade eram esgotos (PACHECO, 1961, in MATTOS, op. cit.) e mais recentemente estima-se uma DBO de 15 ton/dia (7 ton/dia de origem industrial e 8 ton/dia de origem doméstica) devido ao esgoto descarregado "in natura" no rio (PMSC, op. cit.). Portanto, o Rio do

Monjolinho é praticamente um condutor de esgotos a céu aberto, principalmente nos períodos de estiagem.

O sistema de coleta pública em 1989 abrangia uma rede de emissários de 32.000 m e uma rede coletora de 324.000 m com 36.500 ligações domiciliares (PMSC, op. cit.). Segundo informações do SAAE, o despejo final do esgoto conduzido pela rede coletora se dá no Rio do Monjolinho na parte sudoeste da cidade, em área suburbana.

As águas do Rio do Monjolinho são utilizadas ainda para geração de energia elétrica, no curso médio, aproveitando-se um desnível da ordem de 30 m, onde a Usina Alois Partel da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) tem capacidade nominal de 500 KW, e no curso baixo do rio, próximo à desembocadura no Jacaré-Guaçu, na Fazenda São José, onde existe um pequeno gerador que atende a sua demanda.

Cabe aqui ressaltar as alterações no regime do Rio do Monjolinho e na qualidade de suas águas, devido à utilização das águas de sua bacia e de uma grande quantidade de água externa, do Ribeirão do Feijão, que de forma geral retornam ou entram no curso do rio transportando resíduos de todos os tipos após passarem pelo processamento da infra-estrutura urbana, em períodos de tempo quase que independentes do regime hidrológico natural.

d) Problemas Gerados

A forma de ocupação e utilização antrópica intensiva da Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho gerou e continua gerando muitos problemas de natureza poluente, hidrológica e hidráulica, com repercussões de intensidade variada na qualidade e quantidade de água e sua dinâmica temporal e distribuição espacial na bacia hidrográfica. A princípio alguns desses problemas puderam ser identificados como a seguir:

- (1) A localização da cidade na região do curso

médio-alto do Rio do Monjolinho, próxima aos divisores de água, gerou problemas de demanda, conforme o desenvolvimento urbano explosivo, sem planejamento e cuidados ambientais (PONÇANO et al., 1981). A importação de água de outra bacia, a do Feijão, tornou-se solução, porém com possíveis problemas a longo prazo, devido a se ter o aterro sanitário de todo o lixo (resíduo sólido) de São Carlos próximo a nascentes de afluente do Ribeirão do Feijão, o que é agravado pelo fato de ser área de recarga do aquífero Botucatu, o mais importante da região.

(2) Na região onde se encontra a cidade, o fluxo d'água do lençol freático é preferencialmente de leste para oeste, ou seja, as cisternas e as drenagens a oeste podem sofrer alimentação de água bastante poluída por elementos urbanos como postos de gasolina, cemitérios, algumas indústrias e curtumes (GONÇALVES, op. cit.).

(3) A localização da área industrial de São Carlos, na parte norte e na parte sul-sudeste da cidade, associada aos ventos de norte a sudeste predominantes na área, é a pior possível, pois esses ventos tendem a dirigir qualquer tipo de poluição aérea sobre a cidade (GONÇALVES, op. cit.), além de parte dessa poder se precipitar sobre a área quando das chuvas. Além disso, a zona industrial encontra-se em parte sobre área de recarga do aquífero Botucatu, na parte sul-sudeste da cidade (AGUIAR, op. cit.).

(4) O elevado grau de impermeabilização da superfície urbana, promovido pelas construções, calçamentos, asfaltamentos, etc., além da retificação e canalização de córregos dentro do sítio urbano, promovem a diminuição do tempo de trânsito da água nas superfícies das sub-bacias urbanas, com concentração rápida de volume nos cursos d'água quando dos eventos chuvosos. Conseqüentemente há aumento no poder erosivo das águas correntes a jusante da cidade, onde se podem observar diversos desbarrancamentos laterais do leito do Rio do Monjolinho em diferentes pontos, em

um sistema de ajustes entre as variáveis hidráulicas (CHRISTOFOLLETTI, 1981). Existem ainda conseqüências de ordem qualitativa para os corpos d'água em eventos pluviais expressivos, pois pode haver concentração de resíduos urbanos nas primeiras águas que chegam rapidamente aos rios e riachos da bacia (GOMES, 1981), além do acréscimo de material em suspensão proveniente das margens erodidas do leito.

(5) Desde os períodos de aceleração do crescimento populacional urbano foram característicos aumentos especulativos do perímetro urbano, onerando-se a sociedade como um todo na criação de infra-estrutura urbana e mal aproveitamento das áreas já construídas (AMADOR, op. cit.). Isto é corroborado pelos números apresentados por AGUIAR (op. cit.), que indicam diminuição da densidade demográfica urbana durante períodos de plena expansão populacional. Como conseqüência, tem-se o avanço de loteamentos sobre áreas com vegetação natural, muitas vezes em locais com altas taxas de erosão, devido a declives acentuados e solos com pouca coesão, como é o caso dos loteamentos entre os Córregos da Água Quente e Água Fria, onde predominam solos arenosos (Material Inconsolidado Arenoso do tipo I e II, segundo AGUIAR, op. cit.) em locais de recarga do aquífero Botucatu.

(6) O lançamento concentrado de esgotos domésticos e efluentes industriais sem tratamento mínimo, pela rede coletora de esgotos, em ponto do rio a jusante da cidade, tornou e tem tornado o aproveitamento das águas do Rio do Monjolinho impróprio para qualquer uso humano, além das conseqüências ecológicas para outros organismos. Vazamentos do sistema coletor e lançamentos clandestinos nos cursos d'água têm estendido o problema da poluição, do mal cheiro e do perigo potencial de contaminação por patógenos, a todas as sub-bacias urbanizadas. Além disso, áreas potenciais para a apreciação pública e lazer, como a queda d'água de 30 m no Rio do Monjolinho, a oeste da cidade e próxima ao

lançamento de esgotos, tornaram-se impróprias a esses tipos de atividade, sendo no caso particular devido ao "spray" formado por gotículas carregadas de microrganismos patogênicos.

(7) A atividade dos portos de areia na região dos Córregos da Água Quente e principalmente da Água Fria, contribui para o comprometimento da qualidade de água dessas drenagens superficiais, devido aos rejeitos sólidos liberados pelo processo de desmonte hidráulico dos depósitos arenosos, o que contribui para o assoreamento desses córregos (AGUIAR, op. cit.).

(8) As lagoas de vinhoto (vinhaça) da usina de álcool nas escarpas da Faixa Intermediária, entre os Córregos do Can-Can e da Serra, são perigos potenciais de poluição, especialmente nos períodos com maior precipitação pluviométrica, quando podem transbordar e o vinhoto chegar aos corpos d'água.

(9) Em locais próximos às nascentes do Rio do Monjolinho, onde predominam as pastagens para a criação de bovinos, existem problemas quanto à qualidade de água, devido ao pisoteio das margens e leito do riacho pelo gado, liberando-se material em suspensão, além dos excrementos e urina que atingem o corpo d'água.

(10) As poucas áreas com vegetação natural, estimadas em 8,8% da área total da bacia hidrográfica, denotam o processo de desmatamento excessivo e a pouca preocupação em se regenerarem essas áreas. Esta porcentagem de área com vegetação natural está distante do exigido pelo Código Florestal (Lei 4.771/65, alterada pela Lei 7.803/89), que estabelece como reservas obrigatórias nas propriedades rurais, 20% da área total, excluídas as áreas consideradas de preservação permanente, ou seja, margens de cursos d'água, encostas com declividade superior a 45°, etc. Embora nem as áreas de preservação permanente estejam sendo respeitadas,

na Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho, grande parte da vegetação natural se encontra nessas áreas, à beira dos corpos d'água e nas escarpas íngremes da Faixa Intermediária (Figuras B.48 e B.49), portanto, as reservas obrigatórias na bacia praticamente inexistem. Como consequência, os solos da bacia em geral frágeis do ponto de vista físico, pela pouca coesão, e do ponto de vista químico, pela pouca fertilidade, com a retirada da vegetação natural, ficam mais frágeis. Deve-se isto à perda da estabilidade proporcionada pelas raízes, matéria orgânica no solo e pela cobertura aérea que amortece a força erosiva das chuvas, e também à lixiviação de nutrientes, proporcionada pela falta da matriz de retenção de nutrientes, que são a matéria orgânica do solo e a própria vegetação nativa viva. Assim a superfície terrestre da bacia fica sujeita aos processos erosivos laminares e de boçorocas (PRANDINI et al., 1982; RODRIGUES, 1982) e para os corpos d'água restam o aumento de material em suspensão, quando das chuvas, além do carreamento de agrotóxicos e adubos com esse material.

4.3- Diagnóstico Ambiental do Rio

4.3.1- Importância e Variabilidade das Variáveis Ambientais Utilizadas

a) Variáveis Morfométricas e Hidráulicas do Leito

1- Distância das Nascentes, Cota, Declividade

Estas variáveis são consideradas independentes, para este trabalho, e têm valores constantes, pois sua variação se dá em escala de tempo da ordem de milhões de anos, uma vez que se encontram relacionadas aos complexos processos morfogênéticos das paisagens, tendo como exemplo simples, a elevação de áreas e subseqüentes processos mais lentos de desnudação por erosão e de sedimentação em áreas mais baixas (SCHUM, 1977). Isto é válido caso não haja al-

terações antrópicas como: desvios de curso do rio, retificações, represamentos, etc., todos de grande porte.

2- Largura, Profundidade Média e Área Transversal

São variáveis morfométricas do leito extremamente ajustadas às vazões, cuja dinâmica, em conjunto com o tipo de substrato do leito, dá forma aos canais.

A importância dessas variáveis para as comunidades lóticicas está no fato de que a sua dinâmica determina as áreas do leito permanentemente molhadas ou as frequências de recobrimento líquido das diversas partes do leito de um rio, o que pode se constituir em fator seletivo para a biota bentônica.

3- Vazão e Velocidade Média

A qualidade de água dos rios é bastante dependente dos seus regimes de vazões (KITTRELL, 1969; PAYNE, 1986; MEYBECK et al., 1989). Alguns componentes dissolvidos são diluídos durante as vazões de cheias, outros são mais concentrados como resultado da 'lavagem' dos solos durante o escoamento superficial, enquanto o material particulado e os poluentes nele adsorvidos aumentam sua concentração com o aumento das vazões. Portanto, a vazão é um fator chave para a qualidade de água, já que os fluxos de qualquer componente aumentam com a vazão, mesmo que a concentração de alguns deles seja diluída durante as cheias.

A velocidade média do fluxo não é fácil de ser obtida devido ao atrito da água com o leito do canal, onde os valores da velocidade chegam a se anular; aumenta das margens ao centro e do fundo à superfície, havendo aí uma pequena redução devido ao atrito da água com o ar (CHRISTOFOLLETTI, op. cit.). Portanto existem gradientes de velocidade verticais e horizontais.

Pela medida da velocidade média, junto com o valor do comprimento do trecho percorrido, pode-se estimar o tempo de trânsito médio da água; e junto com o valor da massa d'água, pode-se estimar a energia cinética responsável pelo transporte da água e substâncias dissolvidas e particuladas em suspensão ao longo do rio.

Portanto, estas variáveis são bastante dinâmicas, com muita variação espacial e temporal devido ao fato da hidrologia de um rio ser governada principalmente por fatores do clima e do relevo.

b) Variáveis Físico-Químico-Biológicas da Água

1- Temperatura

A temperatura tem efeitos importantes sobre propriedades ambientais, entre outras, a solubilidade dos gases na água, a velocidade e equilíbrio das reações químicas e o metabolismo de plantas e animais. Segundo WETZEL (1988), a temperatura seria um parâmetro mais constante na água do que no ambiente terrestre, permitindo-se assim, estações mais amplas de crescimento às plantas aquáticas. Já EDINGTON (1965) defendia mais estudos sobre o metabolismo animal, em ambientes lóticos, em função da temperatura, pois verificou uma certa complexidade nos padrões de temperatura nos rios e riachos que complicavam a tese de que a temperatura poderia ser fator limitante do metabolismo animal.

A maior fonte de calor para a água é a radiação solar absorvida diretamente. Algumas transferências de calor do ar e dos sedimentos ocorrem, porém são fontes não significativas, em geral, se comparadas à absorção direta pela água e por compostos dissolvidos e particulados em suspensão (WETZEL e LIKENS, 1979).

A variação da temperatura da água deve-se principalmente ao acoplamento entre a variação sazonal e a variação diurna da temperatura ambiente (HYNES, 1970). Esta ten-

dência geral nas águas dos rios tem variações conforme a distância das nascentes, tamanho do leito (largura, profundidade), velocidade da água, vazão, condições a montante (temperatura da água, tipo de substrato, presença de represas), condições climáticas, escoamento superficial, grau de sombreamento determinado pela presença ou não de vegetação marginal ou pela posição do canal no relevo.

Por ter alto calor específico, a água é resistente a mudanças bruscas de temperatura, o que não ocorre com o ar cuja variabilidade temporal e espacial é mais acentuada (BENNETT e HUMPHRIES, 1978).

2- Oxigênio Dissolvido

A medida do oxigênio dissolvido na água é uma das mais freqüentemente usadas e a mais importante dos métodos químicos na investigação dos ambientes aquáticos (KING, 1971; WETZEL e LIKENS, op. cit.). Trata-se de uma propriedade integrativa da água, pois é influenciada por um número grande de fatores e pode indicar, através do conhecimento parcial desses fatores, estudos mais intensivos de outras propriedades específicas (DUSSART, 1967).

O oxigênio é um dos gases mais importantes dissolvidos na água e em equilíbrio com a atmosfera, que é sua maior fonte (HYNES, op. cit.). O grau de aerobiose ou anaerobiose do ambiente aquático e sua dinâmica, podem determinar a composição das comunidades lóticas, além de ter influência na composição química do meio, devido aos processos de oxi-redução que determinam reações químicas de vários elementos na água.

A concentração do oxigênio dissolvido na água depende: (1) de fatores físicos, como a difusão entre a atmosfera e a água, conforme o grau de saturação, mediado pelo nível de turbulência na água; (2) de fatores químicos, como o consumo de oxigênio pelos processos de oxidação de substâncias inorgânicas reduzidas e (3) de fatores biológicos, como a fotossíntese, que libera oxigênio na água, e a

respiração dos organismos, associada à oxidação bioquímica da matéria orgânica por microrganismos, que consomem oxigênio.

Portanto, o oxigênio dissolvido na água é sujeito a grande variabilidade temporal e espacial devido a flutuações de temperatura, a qual interfere na saturação, a variações diurnas e sazonais de atividade fotossintética e de vazões dos rios, a processos de reaeração dependentes de caracteres geomórficos dos leitos dos rios e à biodepleção, devida à decomposição de material orgânico de origem natural ou antropogênica ao longo dos rios (MEYBECK et al., op. cit.).

3- Material em Suspensão

O material em suspensão tem importância elevada para as comunidades lóticás, pois é um dos maiores portadores de nutrientes e de poluentes adsorvidos (MEYBECK et al., op. cit.). Além disso sua concentração na água pode regular ou limitar a penetração de luz, importante para os autótrofos, e conforme a parcela orgânica, interferir no oxigênio dissolvido na água, seja pela diminuição da fotossíntese, seja pela decomposição da matéria orgânica.

As principais fontes de material em suspensão são: aquelas ligadas à erosão e escoamento superficial do material continental (mineral e vegetal), o material autóctone formado no corpo d'água e as fontes antropogênicas ligadas a várias atividades humanas.

O material em suspensão é uma das características de maior variabilidade dos rios, mesmo em condições naturais com baixa interferência antrópica. Sua concentração na água é afetada bastante pela presença de lagos, represas, áreas de inundação, onde há remoção de partículas por sedimentação, e é incrementada pela presença de corredeiras, onde há aumento de partículas colocadas em suspensão pela energia da água nos leitos.

4- Condutividade Elétrica

É uma propriedade integrativa da água, segundo DUSSART (op. cit.), pois sua medida não discrimina os elementos ionizados que a formam e quais estão em solução.

As fontes de elementos que geram a condutividade são principalmente as fontes das substâncias dissolvidas que compõem o conteúdo químico da água, ou seja, a atmosfera, a lavagem do solo pela chuva, a decomposição de resíduos orgânicos terrestres e aquáticos, o intemperismo químico das rochas e as fontes antropogênicas poluentes.

Segundo MEYBECK et al. (op. cit.) a composição da água é bastante variada e regulada por:

(a) influência do spray marinho rico em íons como Na^+ , Cl^- , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , conforme a distância do oceano.

(b) clima e vegetação, que controlam o intemperismo mineral pelos mecanismos de evaporação e evapotranspiração.

(c) composição das rochas, conforme os graus diferenciados de intemperismo para diversas rochas.

(d) vegetação terrestre, através da produção e decomposição dos resíduos vegetais nos solos responsáveis por parte do carbono orgânico e espécies de nitrogênio encontrados na água.

(e) vegetação aquática, através da produção e degradação do material autóctone, podendo controlar a concentração de nutrientes (espécies de nitrogênio e fósforo e outros), pH, espécies de carbonatos, oxigênio dissolvido e espécies químicas sensíveis às condições de oxi-redução do meio aquático.

Além destes fatores existe ainda uma extrema variabilidade quantitativa e qualitativa devida a fatores an-

tropogênicos de poluição, seja pela dinâmica variada de produção de resíduos que são lançados ao ar e à água, seja pela destruição de mecanismos naturais de regulação pela ocupação desordenada do espaço.

5- pH

É considerada por DUSSART (op. cit.) uma medida integrativa já que vários fatores influenciam a concentração do íon H^+ no ambiente aquático e não são conhecidos a priori.

As concentrações dos compostos que produzem acidez ou alcalinidade e as relações entre uns e outros determinam o pH observado e a eficiência de tamponamento de um dado corpo d'água (WETZEL e LIKENS, op. cit.). Ainda segundo estes autores, os efeitos letais da maioria dos ácidos aparecem quando o pH é menor do que cinco (5,0), e da maioria dos álcalis, em valores próximos ao pH igual a nove e meio (9,5), embora as tolerâncias de muitos organismos sejam consideravelmente mais restritas dentro desses valores extremos de pH. Portanto, a capacidade tampão das águas naturais para resistir a mudanças do pH é de grande importância para a manutenção da vida na água.

Em águas naturais o pH é, em geral, função do conteúdo de ácido carbônico (H_2CO_3), bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}), além do conteúdo de ácidos fortes facilmente dissociáveis. No caso de haver predominância do sistema de equilíbrio carbonato-bicarbonato-ácido carbônico na água, o pH variará pouco, pois sempre haverá uma reserva alcalina para neutralizar fontes não excessivas de íon H^+ que sejam introduzidas no sistema. Portanto, nesses casos a variabilidade do pH é pequena (HYNES, op. cit.).

No caso de rios que drenam áreas de rochas ígneas geologicamente antigas, ou mesmo de solos bastante lixiviados, como por exemplo, muitos solos tropicais, há poucos minerais alcalinos dissolvidos na água e portanto o pH não sofre efeito tampão do sistema (PAYNE, op. cit.), sendo

passível de grandes flutuações quando da entrada de poluentes ou pela lavagem de áreas com efeito de atividades humanas.

As águas com grande conteúdo de matéria orgânica em decomposição são mais ácidas devido à liberação de gás carbônico (CO_2) pela respiração dos organismos decompositores, sendo muitas vezes o abaixamento do pH devido à drenagem de pântanos e brejos que adicionam ácidos orgânicos em quantidade à água (REID e WOOD, 1976).

A variação diurna do pH pode ser utilizada para se estimar o metabolismo da comunidade lótica, porém seus efeitos são melhor observados em águas oligotróficas onde o sistema é pobremente tamponado. Pelo dia, se houver predominância da fotossíntese sobre a respiração, haverá um consumo líquido de gás carbônico (CO_2) pelos autótrofos, obtendo-se o CO_2 do sistema carbonato-bicarbonato-ácido carbônico e aumentando-se o pH em consequência. Pela noite o processo de respiração predomina restituindo-se CO_2 ao meio e havendo conseqüentemente o decréscimo do pH (KING, op. cit.; HALL e MOLL, 1975).

6- Alcalinidade

A alcalinidade resulta para grande parte das águas naturais principalmente da presença de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, porém outros elementos podem contribuir para a alcalinidade como boratos, silicatos, fosfatos, ânions orgânicos, etc. (GOLTERMAN et al., op. cit.).

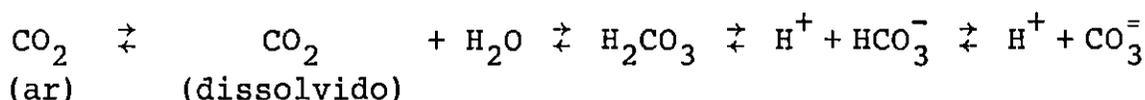
Por ser o sistema de equilíbrio carbonato-bicarbonato-ácido carbônico um dos principais constituintes das águas naturais em geral, pelos valores da alcalinidade, do pH e da condutividade é possível a determinação da concentração desses constituintes na água.

Nos rios a alcalinidade pode variar ponto a ponto, pois a jusante aumenta a área drenada, portanto também aumentam as fontes de alcalinidade, seja pelos processos

naturais sem a influência antrópica, seja com a influência antrópica.

7- Carbono Inorgânico Total e Gás Carbônico Dissolvido

Caso haja predomínio na água do sistema de equilíbrio carbonato-bicarbonato-ácido carbônico, expresso a seguir:



pode-se calcular as formas de carbono inorgânico a partir dos equilíbrios parciais (GOLTERMAN et al., op. cit.; WETZEL e LIKENS, op. cit.).

Para a análise do potencial de produção primária são interessantes os cálculos, do carbono inorgânico total ($[\text{CO}_2] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^-]$), por ser a fonte de carbono potencial para os autótrofos aquáticos, e do gás carbônico dissolvido ($[\text{CO}_2]$), que é a parcela do total imediatamente biodisponível. Além disso o gás carbônico dissolvido pode indicar poluição orgânica e, se presente em quantidade suficiente, pode ser tóxico à maioria dos organismos aquáticos (WETZEL e LIKENS, op. cit.).

8 e 9- Compostos de Nitrogênio e Compostos de Fósforo

Os compostos de nitrogênio e especialmente os de fósforo estão entre os maiores componentes celulares dos organismos. Desde que as disponibilidades destes elementos podem ser menores que a demanda biológica, as fontes ambientais podem regular ou limitar a produção dos organismos nos ecossistemas aquáticos (WETZEL e LIKENS, op. cit.; MAR-

GALEF, 1983).

Outros elementos como o ferro e o enxofre são constituintes celulares essenciais, mas são requeridos em baixas concentrações em relação às suas disponibilidades nos sistemas de água doce em geral.

As variações das concentrações dos compostos de nitrogênio e fósforo na água são bastante dinâmicas, pois esses elementos podem ser utilizados, armazenados, transformados e excretados rapidamente, e repetidamente por vários organismos aquáticos (WETZEL e LIKENS, op. cit.).

8- Nitrogênio

O nitrogênio inorgânico (fração dissolvida) se encontra em diversos estados de oxidação na água como, N_2 (gas), NH_3/NH_4^+ , N_2O , NO , NO_2 , HNO_2/NO_2^- , HNO_3/NO_3^- , conforme o potencial de oxi-redução do meio e a atividade biológica de transformação associada (MARGALEF, op. cit.), embora as formas predominantes na água sejam o NO_3^- e o NH_4^+ (MEYBECK et al., op. cit.). Em águas naturais pode-se encontrar quase tanto nitrogênio dissolvido na forma orgânica quanto na forma inorgânica (exceto a forma gasosa), além de uma fração importante de partículas mortas (MARGALEF, op. cit.). Há ainda a possibilidade de se encontrar nitrogênio amoniacal adsorvido a partículas de argila (MEYBECK et al., op. cit.).

Nas análises de rotina são determinados o nitrogênio total, especialmente nos estudos de eutrofização das águas, e as formas inorgânicas dissolvidas como o nitrato, o nitrito e o amônio.

O íon nitrito (NO_2^-) é bastante instável e dificilmente encontrado em maiores concentrações, a não ser em águas muito poluídas. As formas inorgânicas assimiláveis pelos organismos aquáticos, principalmente os autótrofos, são o nitrato (NO_3^-), que normalmente está em maior concentração nas águas, e o amônio (NH_4^+), que é preferido por muitos organismos quando em maior concentração do que o ni-

trato, o que ocorre em situações de poluição orgânica e nos sedimentos (MARGALEF, op. cit.).

As fontes naturais de nitrogênio, segundo MEYBECK et al. (op. cit.) e HYNES (op. cit.), são a atmosfera e o sistema terrestre.

A atmosfera tem o gás nitrogênio (N_2) compondo 70,9% de sua massa, o qual pode ser assimilado por organismos fixadores de nitrogênio nos solos e na água, além de poder ser transformado em óxidos de nitrogênio por fixação elétrica, quando da ocorrência de tempestades. O sistema atmosférico comporta ainda material nitrogenado em suspensão, originado da queima de florestas e de combustíveis fósseis, sendo este material depositado diretamente nos corpos d'água ou transportado pelas chuvas.

O sistema terrestre sofre a erosão dos solos, processo que transfere nitrogênio particulado para os sistemas aquáticos. Além disto, o escoamento superficial, provocado pelas chuvas, transfere principalmente o nitrato, que é uma forma nitrogenada mais móvel, dos solos para os corpos d'água.

As fontes de nitrogênio de origem antropogênica são do tipo: (1) pontuais, como os efluentes de esgotos domésticos e industriais, e ocasionalmente agrícolas, que causam maiores problemas em situações de baixa vazão nos rios; (2) não pontuais, como a erosão e o escoamento superficial, acelerados pelo desmatamento de encostas e margens de corpos d'água, além da aplicação de fertilizantes solúveis em larga escala nas atividades agrícolas.

O nitrogênio na água e suas formas têm concentrações bastante variáveis, devido a processos externos e internos ao corpo d'água.

Os processos externos são aqueles relacionados à precipitação pluviométrica (intensidade, duração, frequência) e ao escoamento superficial, variando conforme o grau de saturação dos lençóis freáticos, a cobertura vegetal e os processos de nitrificação nos solos e nas águas subterrâneas.

Os processos internos são aqueles relacionados às

conseqüências dos processos externos, como as vazões associadas a fatores geomórficos do relevo, que geram erosão, transporte, sedimentação ou ressuspensão de sedimentos, além dos processos de transformações biológicas e não biológicas que ocorrem na água.

Segundo MEYBECK et al. (op. cit.) os maiores processos não biológicos são, principalmente, as transformações de fase, ou seja, a volatilização da amônia e outras formas gasosas de nitrogênio, a sedimentação de formas particuladas e os processos de sorção, como por exemplo, da forma amoniacal por argilas. As transformações biológicas principais, segundo os mesmos autores, seriam:

(1) fixação de nitrogênio, através da transformação do gás nitrogênio a amônia, e a nitrogênio orgânico, por microrganismos;

(2) assimilação de formas inorgânicas (amônio e nitrato) por plantas e microrganismos para formar nitrogênio orgânico, como por exemplo, amino-ácidos;

(3) amonificação do nitrogênio orgânico, produzindo-se amônia durante a decomposição de matéria orgânica;

(4) nitrificação, pelo processo de oxidação da amônia a nitrito, e desse a nitrato;

(5) denitrificação, que é a redução, via ação bacteriana, do nitrato a óxido nitroso (N_2O) e a nitrogênio molecular (N_2), sob condições anóxicas.

Além destas transformações, podem-se acrescentar as excreções dos organismos, contendo nitrogênio, como a uréia ou a própria amônia, que são bastante importantes como fontes de nitrogênio para os autótrofos, especialmente em ambientes oligotróficos (MARGALEF, op. cit.).

9- Fósforo

As formas do fósforo encontradas na água são variadas e possuem um intercâmbio intensivo, variando desde o simples ortofosfato iônico (PO_4^{3-}), encontrado livre na água em pequena quantidade, a várias ligações desse fosfato a frações solúveis e particuladas presentes na água (HYNES, op. cit.; SCHAFER, 1985).

Analiticamente o monitoramento do fósforo nas águas é feito pela determinação do fósforo total, das frações particuladas e das frações dissolvidas subdivididas em frações reativas e frações não reativas (RIGLER in HOLTAN et al., 1988).

A determinação do fósforo total justifica-se pela intensa dinâmica entre as formas de fósforo na água e como medida da fertilidade, principalmente em águas turbulentas (HYNES, op. cit.). A separação das frações, embora de fácil obtenção, apresenta problemas por não separar convenientemente a fração coloidal que pode dividir-se entre as frações particulada e dissolvida. Nessa última fração o problema é acentuado, pois a fração reativa passa a ter duplo caráter, tanto de previsão de biodisponibilidade imediata (ortofosfato iônico), quanto de biodisponibilidade potencial, conforme a quantidade de colóides que passam à fração dissolvida (BROBERG e PERSSON, 1988).

O grande reservatório-fonte de fósforo não é a atmosfera, como nos ciclos do oxigênio e do nitrogênio, mas as rochas e outros depósitos formados em idades geológicas passadas. Esses depósitos sofrem erosão gradualmente e liberam fosfatos para os ecossistemas, porém grande quantidade de fosfatos escapa para o mar, onde parte se deposita em sedimentos rasos e parte se perde em sedimentos profundos (COLE, 1979). O fluxo quase unidirecional dos continentes aos oceanos é uma característica do ciclo do fósforo, que é bastante diferente dos ciclos do carbono, oxigênio e nitrogênio que são mais rápidos (HOLTAN et al., op. cit.).

A via terrestre tem os rios como transportadores de fósforo, presente em grande quantidade no material em

suspensão (VINER, 1982), e as áreas permanente ou periodicamente alagáveis, como retardadoras desse transporte, através da deposição em seus sedimentos. Grandes quantidades de fosfato são carregadas para rios e riachos pelo escoamento superficial sobre os solos, gerado pelas chuvas que caem nas bacias hidrográficas. Este processo é expressivo em bacias não perturbadas, porém bastante acentuado onde há forte perturbação antrópica (AHL, 1988).

Conforme a declividade média e o tamanho da bacia, a quantidade, a duração e o tempo de resposta de escoamento superficial na bacia determinam, para uma dada chuva, a quantidade de material exportado e sua variabilidade no tempo. Nas bacias menores, com maiores declives, o material exportado é relativamente maior e mais variável do que nas bacias maiores, com menores declives e com áreas de escape de águas em enchentes, como as áreas alagáveis adjacentes aos rios (AHL, op. cit.).

A deposição de fósforo direta da atmosfera, auxiliada ou não pela precipitação, provém do material em suspensão, composto por partículas minerais e orgânicas geradas principalmente no sistema terrestre. A parcela gerada por atividades humanas tem aumentado drasticamente as quantidades de material em suspensão, porém o efeito dessa deposição é em menor grau que o do carreamento de materiais das bacias por escoamento superficial para o interior dos corpos d'água.

Portanto, a variabilidade das concentrações de fósforo na água está relacionada a fatores semelhantes aos do nitrogênio, no que se refere aos fatores físicos externos e internos ligados à geração, transporte e armazenamento de sedimentos nos corpos d'água. Porém, difere do nitrogênio no que se refere aos processos internos de transformações físico-químico-biológicas nos corpos d'água. Segundo HOLTAN et al. (op. cit.) e MARGALEF (op. cit.), tanto as formas de fósforo orgânicas como as inorgânicas estão envolvidas em transformações que ocorrem entre uma fase sólida e uma fase líquida, com liberação ou absorção do fósforo da fase líquida pela fase sólida conforme as condições de

equilíbrio.

10- sílica

O silício é o segundo elemento mais abundante da litosfera, sendo constituinte dos silicatos que formam a maior parte das rochas ígneas (STRAHLER e STRAHLER, 1973).

Os aluminosilicatos, que são a maioria dos minerais silicatados, ao sofrer ação ácida da água mais o gás carbônico, são intemperizados, formando-se minerais de argila, sílica hidratada e cátions alcalinos, por exemplo. Os silicatos dos minerais de argila mais uma fração de sílica hidratada reagem com água formando o ácido silícico (H_4SiO_4), que nesta forma é solúvel em água com pH relativamente baixo. Conforme o pH aumenta tem-se progressivamente maiores proporções de $H_3SiO_4^-$, $HSiO_3^-$ e SiO_3^{2-} e a partir de pH igual a nove (9,0), surgem muitas espécies químicas poliméricas que contêm vários átomos de silício. Além disso, se encontra na água material com silício finamente dividido e sílica amorfa suspensa, que em parte resulta da destruição de restos de organismos (MARGALEF, op. cit.). Portanto, a variabilidade de formas da sílica na água é muito grande.

A sílica dissolvida (SiO_2), ocorre em moderada abundância na água. Embora essencialmente não ionizada e relativamente não reativa quimicamente, é assimilada em grandes quantidades pelas algas diatomáceas nas sínteses de suas paredes celulares ou frústulas (WETZEL e LIKENS, op. cit.).

11- Clorofila a total em suspensão

A clorofila a é o pigmento clorofilado mais abundante na água, sendo usada para se estimar a biomassa de algas aquáticas.

Os produtos de degradação das clorofilas, as feo-

fitinas, são estruturalmente semelhantes às clorofilas, exceto pela ausência de um átomo de magnésio na estrutura em anel. As feofitinas absorvem a luz no mesmo comprimento de onda das clorofilas, porém menos intensamente. Desde que as clorofilas e as feofitinas ocorrem na água em quantidades variáveis, dependendo das condições ambientais, pode-se estimá-las em separado ou em conjunto, pela extração em acetona, do conteúdo de pigmentos na água (WETZEL e LIKENS, op. cit.).

A análise da clorofila a total (clorofila + feofitina) em suspensão nos rios, pode indicar não só a intensidade de processos autotróficos, como o arraste de células clorofiladas presentes a montante dos pontos de coleta.

4.3.2- Perfis Longitudinais - informações preliminares e auxiliares

a) Características Espaciais Longitudinais dos Pontos de Coleta e Sub-áreas Drenadas

A partir dos pontos de coleta escolhidos para o levantamento dos perfis longitudinais (vide item 3.2.2a e Figura B.48) e de cálculos diretamente nos mapas obtidos, que contêm a bacia hidrográfica em questão, elaborou-se a Tabela A.2 e a Figura B.4.

Algumas características observadas nas sub-áreas drenadas pelo Rio do Monjolinho foram:

Trecho (Nascente N-1):

Sub-área rural pequena, ocupada principalmente por pastagens, sobre solos arenosos. O leito se encontra com alguma proteção de mata ciliar nas margens onde se encontram espécies arbóreas desenvolvidas. Antes do ponto 1 há desvio do fluxo de água para abastecimento público pelo S.A.A.E.

Trecho (1-2):

Sub-área com características de ocupação rural e sub-urbana, sobre solos predominantemente arenosos. Os afluentes da margem direita drenam áreas rurais e os da margem esquerda drenam áreas predominantemente sub-urbanas da periferia norte-nordeste da cidade de São Carlos. Parte desses afluentes apresentam pequenas represas e/ou vegetação natural protegendo suas nascentes. A saída da água do trecho se dá após represamento na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

Trecho (2-3):

Sub-área com fortes características urbanas, com a área do lado esquerdo do rio praticamente impermeabilizada pela pavimentação da cidade de São Carlos. Portanto, os afluentes da margem esquerda provêm de áreas totalmente urbanizadas e alguns da margem direita ainda conservam características de área rural, ou mesmo de áreas protegidas por matas ciliares.

Além do impacto da ocupação espacial da bacia em si, o Rio do Monjolinho nesse trecho recebe despejos industriais diretamente no seu leito ou pelos afluentes, bem como pela descarga pontual da rede de coleta pública de esgotos que serve a cidade, a qual também transporta a maior parte do esgoto doméstico de São Carlos. O lançamento desse despejo concentrado é realizado próximo ao ponto 3 (Figuras B.4 e B.48).

Trecho (3-4):

Queda de 30 m de altura aproximadamente, devido ao afloramento de rocha basáltica, representando a saída do Rio do Planalto de São Carlos. Os declives laterais acentuados do trecho apresentam-se vegetados com espécies arbóreas, sendo o topo do Planalto nesse trecho e nos posteriores ocupado até as bordas, principalmente por ca-

na-de-açúcar.

Trecho (4-5):

Sub-área com ocupação predominantemente rural (sítios, chácaras, reflorestamento, etc.), com algumas áreas de cerrado, e mata ciliar em parte do trecho. O lado direito do trecho encontra-se junto à borda basáltica do planalto, apresentando solos mais argilosos, porém de pequena extensão. O lado esquerdo do trecho, recebe como contribuições importantes as drenagens dos córregos da Água Quente e da Água Fria. Ambos drenam predominantemente áreas arenosas, onde existem atividades de mineração de areia, sendo que o Água Quente ainda apresenta a influência em suas águas de despejos por esgoto doméstico, já que tem as suas nascentes e alguns afluentes nas bordas do Planalto de São Carlos, na periferia Sul-Sudoeste da cidade.

Trecho (5-6):

Sub-área predominantemente rural com grande extensão da cultura de cana-de-açúcar, apresentando um mosaico de solos originados dos diferentes substratos geológicos presentes na área. No fundo do vale, onde está o leito, encontram-se grandes blocos de rocha basáltica sobre o afloramento dessa, com presença parcial de mata ciliar com espécies arbóreas mais desenvolvidas do que nos outros trechos, com excessão das nascentes. Porém essa mata encontra-se bastante alterada.

Trecho (6-7):

Após grande declive com as mesmas características do leito do trecho anterior, há a entrada do Córrego do Can-Can, que drena área rural, predominantemente com cana-de-açúcar, sobre solos arenosos do planalto. Antes de suas águas entrarem no Rio do Monjolinho, passam por declive acentuado em afloramento da rocha basáltica que sustenta

o planalto estruturalmente.

Trecho (7-8):

Sub-área predominantemente rural, com a presença da cana-de-açúcar, havendo dos dois lados do trecho um mosaico de solos. No lado direito há a proximidade com a borda do planalto, estando a Usina de Açúcar e Álcool da Serra, localizada no seu topo, onde há represamento do Córrego da Serra, que nasce na periferia da cidade de Ibaté e desemboca no Rio do Monjolinho nesse trecho. Existem ainda vários tanques de decantação do vinhoto produzido na usina, localizados no declive entre o topo da borda do planalto e o fundo do vale do rio.

Desse trecho do rio, onde se inicia uma planície mais longa até próximo ao seu final, há uma presença mais significativa de áreas de vegetação natural. Observam-se, no lado esquerdo do restante da bacia, uma grande área de cerradão sem muita alteração, e áreas significativas de mata desenvolvida no lado direito, em solos mais ricos. Além disso, no fundo do vale encontram-se, uma mata ciliar mais contínua e a contribuição mais significativa em área da vegetação de áreas alagáveis, como as macrófitas por exemplo.

Trecho (8-9):

Sub-área rural, com presença da cana-de-açúcar, pastagens e outras culturas, porém com áreas de vegetação natural mais contínuas e significativas, como já citado. A presença de grande área alagável e a ligação com um pequeno lago é característica.

Trecho (9-10):

Sub-área rural com a influência de agropecuária, pastagens, cana-de-açúcar e pequenas áreas com outras culturas.

b) Características Morfométricas e Hidráulicas do Leito

Nos dias 16 de julho de 1990 e 9 de dezembro de 1990, foram realizadas algumas medidas morfométricas e hidráulicas ao longo do rio, segundo o método área-vazão descrito anteriormente. Com essas datas procurou-se encontrar condições hidrológicas bastante diferentes, porém em termos meteorológicos houve bastante semelhança, como pode ser visto adiante (Tabela A.8). Não foram possíveis as medidas em alguns pontos devido a limitações de logística e de acesso.

Das medidas do dia 16 de julho de 1990 (Figura B.5), destacam-se os seguintes resultados:

(1) Houve, de um modo geral, o aumento longitudinal progressivo das vazões ao longo do rio, conforme o aumento da área de drenagem.

Uma excessão evidente foi o valor obtido no ponto 3. Como já citado, existe um canal que se inicia em local logo após a entrada do Córrego do Gregório, para o qual é desviada a água do Rio do Monjolinho a fim de se gerar energia elétrica, aproveitando-se o potencial do desnível de 30 m do relevo, logo adiante. Ao longo desse canal existem pequenas comportas para se regular a vazão. Nesse dia de medidas, grande parte do fluxo estava sendo desviado para o canal, com a comporta próximo à queda aberta, havendo reentrada da água do rio no seu leito, após o ponto 3, daí a pequena vazão registrada nesse ponto e a muito maior vazão registrada no ponto 4.

(2) A interação do fluxo d'água com as formas pré-existentes no leito, originadas da interação climática com as características litológicas da bacia, claramente mostram a variação das formas para cada local de medidas.

(3) Devido ao aumento das vazões, houve em média

um aumento da área das seções ocupadas pelo fluxo, com conseqüentes aumentos de larguras e profundidades médias.

(4) As características litológicas diferenciadas da bacia (afloramentos de rocha basáltica intercaladas de rochas sedimentares), associadas ao mosaico de solos e declives bastante diferentes de ponto a ponto, provocam condições de fluxo bastante diferenciadas, o que pode ser percebido pela flutuação dos valores da velocidade média ao longo do rio.

(5) A velocidade média mais elevada foi obtida no ponto 3, apesar da vazão ser baixa em relação ao fluxo geral. Isso foi devido ao fluxo confinado em canal de rocha basáltica bem definido, com declividade local razoável e o leito liso, pouco rugoso, havendo pouca perda de energia por atrito da água com o leito.

(6) Nos pontos 5 e 6 e nos pontos 7 e 8, praticamente se encontraram as mesmas vazões, denotando pouca contribuição dos pequenos afluentes nesses trechos.

(7) Os valores das vazões do Rio do Monjolinho, próximo à desembocadura, de $2,24 \text{ m}^3/\text{s}$, e do Rio Jacaré-Guaçu, antes da confluência, de $4,20 \text{ m}^3/\text{s}$, mostraram o potencial de contribuições de vazão e de alteração de qualidade de água de um rio no outro.

Das medidas do dia 9 de dezembro de 1990 (Figura B.6) em comparação às medidas anteriores, destacam-se os seguintes resultados:

(1) Houve pouca alteração nas formas das seções transversais, devido à predominância das rochas basálticas, mais lentamente intemperizáveis, na maior parte do leito. As variações se deram em função das flutuações de vazão de uma data a outra.

(2) Encontrou-se o maior valor da velocidade média para o mesmo ponto 3, porém com maior magnitude (2,07 m/s) devido ao maior valor de vazão nessa data.

(3) Observou-se ainda um fato, que a princípio parecia ser um erro de medidas, ou seja, a vazão decrescente de forma abrupta do ponto 6 ao 7, e deste ao ponto 8. Inicialmente parecia ser um erro devido à leitura em escala errada do medidor de velocidades, porém, considerando-se que as medidas da forma do leito nos pontos estavam corretas, e adotando-se valores correspondentes das velocidades obtidas, na escala maior do medidor de velocidades, calcularam-se vazões muito maiores que as razoáveis para os pontos. Julgou-se portanto, que o fato deveu-se a uma onda de vazão, possivelmente originada do esvaziamento de reservatório em algum ponto da bacia a montante. Os cálculos do tempo de trânsito da água entre os pontos 6 e 7, comparado ao tempo de deslocamento da equipe de coleta entre os pontos, acrescido do tempo para se realizarem as medidas, confirmam a possibilidade de ter havido essa onda.

(4) Próximo à confluência dos rios Monjolinho e Jacaré-Guaçu os valores de vazão de 1,69 m³/s e de 3,73 m³/s respectivamente, confirmam o potencial de alteração de vazão e qualidade de água de um rio no outro.

c) Variação Espacial das Variáveis Ambientais em uma Seção

Com a finalidade de se verificar a homogeneidade ou não dos valores das variáveis ambientais em uma única seção, devido à turbulência existente no Rio do Monjolinho, escolheu-se um ponto de coleta cuja seção fosse larga em relação aos outros pontos e permitisse a coleta de água em várias de suas sub-seções.

O ponto escolhido foi o número 10, próximo à desembocadura no Rio Jacaré-Guaçu. Observando-se as Figu-

ras B.5 e B.6 , nas quais estão desenhadas as seções do rio olhando-se para montante, notam-se para o ponto 10, maiores profundidades a 3 ou 4 m de distância da margem direita, onde registraram-se os maiores valores de velocidade no molinete, ocorrendo nessa parte da seção a maior proporção da vazão total. Assim, foram escolhidos os seguintes pontos de coleta na seção:

- S1 - a 1 m da margem direita, a 0,2 m da superfície da água.
- S2 - a 1 m da margem esquerda, a 0,2 m da superfície da água.
- S3 - a 3 m da margem direita, a 0,2 m da superfície da água.
- S4 - a 3 m da margem direita, a 0,5 m da superfície da água.
- S5 - a 3 m da margem direita, a 0,8 m da superfície da água.

Foi realizada uma coleta não simultânea, mas imediata, nesses pontos da seção, às 8 h do dia 2 de outubro de 1990, e os resultados obtidos para a maioria das variáveis utilizadas nesse trabalho se encontram na Tabela A.4. Desses resultados pode-se calcular o coeficiente de variação espacial na seção para cada variável ($C.V. = \frac{\text{desvio padrão}}{\text{média}} \times 100$), cujos valores encontrados foram:

$T_{\text{água}}$: C.V. = 2,1%	N_T	: C.V. = 13,5%
O.D.	: C.V. = 3,7%	NO_2^-	: C.V. = 2,3%
O.D. (SAT.)	: C.V. = 4,1%	NO_3^-	: C.V. = 9,5%
MS_T	: C.V. = 13,5%	NH_4^+	: C.V. = 1,7%
MS_O	: C.V. = 11,4%	P_T	: C.V. = 12,4%
MS_I	: C.V. = 15,9%	PO_4^{3-}	: C.V. = 1,9%
Cond.	: C.V. = 1,9%	PO_4^{3-} D.T.	: C.V. = 2,9%
$[H^+]$: C.V. = 11,3%	PO_4^- I.	: C.V. = 7,2%
Alc.	: C.V. = 1,1%	Silic.	: C.V. = 7,2%
		Cl_a	: C.V. = 11,6%

Estes resultados para os coeficientes de variação espacial na seção mostram pequenas variações em relação às médias de cada variável, indicando uma razoável homogeneidade da água nessa seção. A pequena magnitude das variações é baseada na comparação com os maiores valores dos coeficientes de variação temporal para algumas dessas variáveis em quatro coletas em datas diferentes no ponto 10 (Tabela A.15).

Em estudo sobre a qualidade de água dos rios da Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré-Guaçu (DNAEE-EESC, 1978), na qual se inclui a do Rio do Monjolinho, os pesquisadores concluíram pela coleta simultânea de amostras em dois pontos de cada seção dos rios, baseados em análises de amostras coletadas anteriormente em vários pontos de cada seção, em especulações teóricas sobre a hidráulica de escoamento de canais regulares, e também visando otimizar economicamente o número de coletas.

Para esse trabalho no Rio do Monjolinho, optou-se por uma única coleta em cada seção, pois necessitavam-se de trânsito e amostragens rápidas ao longo do rio, a fim de que não houvessem alterações rápidas nas variáveis ambientais pela ação da luz solar (vide item 3 - Metodologia). Isso parece ser razoável, pois:

(1) os resultados obtidos para a seção do ponto 10 mostram homogeneidade da água.

(2) parece haver bastante turbulência ao longo do rio em todos os pontos de coleta, mesmo nos períodos mais secos de vazante, pois o leito apresenta declives razoáveis e está em geral sobre substrato basáltico rochoso, com pedras ou blocos.

(3) a localização dos pontos de coleta, em relação às entradas de água com qualidade diferente da do rio principal, conjuntamente com os níveis de turbulência observados, praticamente garantiram boa mistura e homogeneidade das amostras nas seções.

(4) as coletas foram feitas em geral a 0,2 m da superfície, ou menos em locais mais rasos, sempre em água corrente e preferencialmente nas sub-seções que concentrassem a maior parte da vazão.

d) Entrada de Afluentes

A fim de se verificar sua influência quantitativa e qualitativa nas águas do Rio do Monjolinho, alguns afluentes foram escolhidos previamente de acordo com as características espaciais de suas bacias de drenagem como: área, grau de ocupação e influência antrópicas (vide item 3 - Metodologia).

Assim, observando as Figuras B.4 e B.48, coletaram-se águas que entram no Rio do Monjolinho nos seguintes trechos:

Trecho (2-3):

Af1 - Córrego Santa Maria Madalena, de 2ª ordem, que drena grande parte de área rural e parte de área urbana, principalmente próximo ao seu curso final. Suas nascentes e parte da drenagem têm alguma proteção de vegetação natural, encontrando-se pequenas barragens por toda área. Suas águas são captadas para abastecimento público próximo à entrada no Rio do Monjolinho, onde o curso encontra-se retificado.

Af2 - Córrego do Tijuco Preto, de 2ª ordem, com o percurso bastante menor que o do Af1, porém drenando área totalmente urbanizada. Parte do seu curso é retificado e canalizado, sendo ainda represado e utilizado por indústria de conservas alimentícias.

Af3 - Córrego do Gregório, de 3ª ordem, que drena grande parte da área urbana da cidade de São Carlos. Suas

nascentes e curso inicial estão em área rural, sendo retificado e parte canalizado na área central da cidade.

Trecho (4-5):

Af4 - Córrego da Água Quente, de 3ª ordem, que drena parte de área rural e parte de área sub-urbana da cidade de São Carlos, sendo essa drenagem realizada principalmente pelos afluentes do seu curso alto. Existe mineração de areia na sua área de drenagem.

Af5 - Córrego da Água Fria, de 3ª ordem, que drena área totalmente rural e possui maior atividade de mineração de areia do que em Af4.

Trecho (6-7):

Af6 - Córrego do Can-Can, de 3ª ordem, que drena área totalmente rural, é represado próximo à usina de açúcar e álcool, antes de descer as escarpas íngremes da Faixa Intermediária, tendo lagoas de vinhoto nas suas proximidades, desse ponto à desembocadura no Rio do Monjolinho. Algumas dessas características espaciais não estão representadas nas Figuras B.4 e B.48.

As medidas de vazão foram realizadas nos pontos de coleta dos afluentes, nos dias 31 de julho de 1990, em período de pouca precipitação, e 9 de dezembro de 1990, em período de muito maior precipitação, segundo dados do posto meteorológico de São Carlos do Instituto Nacional de Meteorologia.

Os resultados obtidos (Tabela A.5) mostram que, embora as medidas tenham sido realizadas em períodos característicos de vazante e cheia fluviométricas, apenas se verificaram aumentos compatíveis de vazões na cheia, para os afluentes Af4 e Af5 (Córregos da Água Quente e da Água Fria). Talvez isso possa ser explicado pela existência de influências antrópicas nas vazões, ou seja, represamentos

com controles de vazão aleatórios no tempo, entradas de águas, na maior parte importadas de outra bacia, utilizadas no processamento urbano e suburbano (doméstico e industrial) também de modo aleatório no tempo.

As medidas de vazão realizadas no dia 9 de dezembro foram realizadas na seqüência das medidas realizadas nos pontos de coleta do Rio do Monjolinho, no mesmo dia, portanto comparando-as (Tabela A.5 e Figura B.6) pode-se perceber o potencial de influência quantitativa e qualitativa das águas desses afluentes nas águas do rio principal logo após as confluências.

Quanto aos aspectos qualitativos podem-se observar algumas características das entradas desses afluentes no rio principal, pelas Tabelas A.6 e A.7, respectivamente apresentando resultados das coletas do dia 1 de agosto de 1990 (período de vazante) e do dia 10 de dezembro (período de cheia).

Algumas evidências levam a se inferirem maiores influências antrópicas nas águas coletadas em Af2 (Tijuco Preto), Af3 (Gregório) e Af4 (Água Quente) em relação às entradas de águas dos outros afluentes, ou seja:

(1) maior temperatura da água para Af2 em 1/8/90, talvez devido a águas de origem industrial;

(2) menores valores de oxigênio dissolvido para Af2 e Af3 em 1/8/90, e para Af3 e Af4 em 10/12/90, provavelmente devido a processos de decomposição de esgoto doméstico vazado para esses riachos em área urbana;

(3) maiores valores de material em suspensão (total, orgânico e inorgânico) para Af4 em 1/8/90 e Af2 e Af4 em 10/12/90, talvez devido a esgoto doméstico e industrial para Af2, e esgoto doméstico e ocupação rural indevida para Af4;

(4) maiores condutividades e

(5) maiores alcalinidades, devido a esgotos e ocupação indevida;

(6) maiores valores de gás carbônico dissolvido, denotando processos de decomposição devido a poluição orgânica, embora Af1 apresente altos valores por ter menor poder tampão nesse ponto de coleta;

(7) maiores valores para o nitrogênio total e suas formas dissolvidas inorgânicas, e

(8) maiores valores de fósforo total e suas formas dissolvidas, além das particuladas ($P_T - PO_4^{3-}$ D.T.), devido a esgotos e ocupação indevida;

(9) maiores valores de silicato para Af2 e Af3 em 1/8/90 e Af2 em 10/12/90, talvez devido a processos urbanos de origem industrial.

Além dessas observações, outras indicam diferenças básicas entre as duas coletas, de modo geral para todos os afluentes, provavelmente pelos motivos a seguir.

Assim, as diferenças de temperatura da água entre as duas coletas, da ordem de $10^{\circ}C$, geraram diferenças de solubilidade dos gases, observáveis nos maiores valores de oxigênio dissolvido e maiores valores de gás carbônico dissolvido, esses associados às menores alcalinidades, no período mais frio de vazante (1/8/90). Além disso, as maiores temperaturas da água no período mais quente de cheia (10/12/90), geraram, associadas à maior quantidade de luz incidente nos corpos d'água, maiores valores de clorofila a em suspensão, devido ao favorecimento dos processos fotosintetizantes nos represamentos e remansos dos afluentes, a montante dos pontos de coleta.

Os processos de lavagem da superfície da bacia e escoamento de material para dentro dos corpos d'água no período de maior precipitação pluviométrica (10/12/90), parecem ser responsáveis pelas maiores concentrações de mate-

rial em suspensão, pelas maiores alcalinidades, pelas maiores concentrações de silicatos e pelas maiores condutividades, em relação à coleta de 1/8/90.

Os menores valores de pH observáveis no período mais frio de vazante (1/8/90), parecem ser resultantes tanto das menores temperaturas da água, responsáveis pelas maiores solubilidades do gás carbônico, como da pouca pluviosidade, responsável pelas menores alcalinidades e conseqüente menor tamponamento das águas dos afluentes nesse período.

Uma observação geral mais atenta das Figuras B.48 e B.49, das características espaciais das drenagens dos afluentes, e dos limitados resultados obtidos para as vazões (Tabela A.5) e para as variáveis qualitativas da água (Tabelas A.6 e A.7) conduz a algumas observações finais sobre esses afluentes:

(1) O Córrego do Gregório, de 3ª ordem e bacia bastante urbanizada, parece ser o de maior influência antrópica em suas águas, devido aos valores extremos que apresenta para diversas variáveis, provavelmente devido a resíduos urbanos lavados ou jogados em seu leito e a vazamentos da rede coletora de esgotos que lhe é paralela ou mesmo por escoamentos clandestinos de esgotos.

(2) O Córrego do Tijuco Preto, de 2ª ordem e drenando área totalmente urbanizada, e o Córrego da Água Quente, de 3ª ordem e com drenagem de áreas suburbana e rural, se equivalem nos valores das variáveis ambientais demonstrando grande influência antrópica em suas águas, seja pela entrada de esgotos domésticos e industriais no Tijuco Preto, seja pela entrada de esgotos domésticos de origem urbana e resíduos de área rural no Água Quente.

(3) Os afluentes com melhor situação em suas águas, entre os seis examinados, são em ordem qualitativa crescente o Córrego Santa Maria Madalena de 2ª ordem, com urbanização no seu trecho final, o Córrego do Can-Can, de

3ª ordem, com possível influência das atividades da usina de açúcar e álcool e finalmente o Córrego da Água Fria de 3ª ordem, com possível influência de mineração de areia.

(4) Embora exista uma certa evidência dos diferentes níveis de interferência antrópica nas águas desses afluentes, seus potenciais de alteração das águas do Rio do Monjolinho dependem não só das suas vazões como de suas qualidades de águas, em relação às águas do rio principal, quando das confluências.

4.3.3- Perfis Longitudinais - Características físico-químico-biológicas em quatro diferentes períodos de coleta

Os resultados que serão apresentados são limitados, por serem apenas quatro as campanhas de coleta em função dos objetivos desse trabalho, como já foi comentado anteriormente. Assim, muitas das observações descritas a seguir foram baseadas em evidências gerais para cada coleta e entre coletas, e em algumas inferências que devem ser interpretadas com os cuidados que as limitações do trabalho impõem.

a) Vazões

As características hidrológicas que determinam os regimes de vazão em um rio são aquelas que dizem respeito aos fatores climáticos, fisiográficos e de uso do solo interagentes em uma bacia hidrográfica (LIMA, 1986). Assim, para a Bacia do Rio do Monjolinho as vazões são resultado das interações entre as dinâmicas de alteração desses fatores ao longo do ano, acrescidas da dinâmica de utilização antrópica de águas na parte urbana da bacia, a qual inclui importação de águas de outra bacia, processamento dessas na infraestrutura urbana e despejo posterior nos cursos d'água da bacia.

Como já foi observado no item 3 - Metodologia, não foram possíveis as medidas de vazões durante as quatro coletas para a avaliação das variáveis ambientais ao longo do rio principal. Assim, baseando-se em observações da bacia e do leito do rio quando das coletas, nos resultados das vazões medidas anteriormente nos pontos de coleta (item 4.3.2), nos resultados físico-químico-biológicos que serão apresentados e principalmente nas características climáticas dos períodos nos quais foram feitas as coletas, serão feitas, a seguir, algumas observações qualitativas sobre as vazões nos dias das coletas.

Portanto, com as informações obtidas sobre as precipitações pluviométricas diárias e sobre as evaporações diárias de um tanque classe A, durante os períodos de coleta (Tabela A.8), têm-se as seguintes observações:

(1) A coleta de 4 a 8 de setembro de 1989 pode ser caracterizada, pelo menos no seu início nos dias 4 e 5, como sendo característica do período de vazante, portanto com baixa vazão no rio devida apenas ao fluxo de base, originado da água subterrânea acumulada na superfície freática da bacia. A baixa quantidade de precipitações pluviométricas em relação à evaporação acumulada nos dias anteriores à coleta indicam lençóis freáticos baixos e conseqüentes menores vazões do rio nesses dias. As chuvas ocorridas nos dias posteriores ao início dessa coleta, especialmente as fortes chuvas da noite anterior ao dia 7 de setembro prolongando-se pela manhã desse mesmo dia, provocaram grandes mudanças nas vazões do rio nos dias posteriores, com repercussões nos valores das variáveis ambientais como será visto adiante.

(2) A coleta do dia 24 de janeiro de 1990 pode ser considerada como característica do período de cheia, pois apesar de se apresentarem maiores valores de evaporação para os dias antecedentes à coleta, em relação à coleta anterior, observaram-se nesse período maiores e mais frequentes valores de precipitações pluviométricas diárias,

indicando assim maiores vazões no rio, devido à elevação da zona de saturação dos lençóis freáticos e conseqüentemente maiores áreas contribuintes para o escoamento superficial e subsuperficial.

(3) Em termos de vazão, as coletas de 18 de julho de 1990 e de 10 de dezembro de 1990 se assemelham, sendo caracterizadas para esse trabalho como intermediárias aos períodos de vazante e cheia característicos. A Tabela A.8, mostra uma certa equivalência entre 29/08/89-04/09/89 (vazante) e 12-18/07/90 (intermediário), e também entre 18-24/1/90 (cheia) e 4-10/12/90 (intermediário), porém esses períodos intermediários não chegam a ser característicos, seja pelas maiores precipitações no período intermediário de vazante, seja pelas menores precipitações no período intermediário de cheia. A ocorrência da maior quantidade diária de precipitações pluviométricas do mês de julho de 1990 (19,4 mm no dia 17), um dia antes da coleta do dia 18, pode ter criado condições de vazão no rio semelhantes às do dia 10 de dezembro, com uma grande quantidade de chuva ocorrendo dois dias antes (14,8 mm, no dia 8), porém sobre uma superfície freática provavelmente mais elevada do que em 18 de julho de 1990, devido às maiores precipitações pluviométricas do mês de dezembro.

b) Evidências gerais para cada coleta

As Tabelas A.9, A.10, A.11 e A.12, apresentam os valores obtidos para as variáveis ambientais avaliadas para cada coleta, em cada ponto e em cada horário. Não se trata nem de uma "fotografia instantânea" de todo o rio, nem do acompanhamento das alterações físico-químico-biológicas de uma massa d'água, conforme essa seja transportada ao longo do rio, mas de uma situação intermediária entre essas duas.

Portanto, as ligações entre os pontos dos valores de cada variável, nos gráficos dos perfis longitudinais (Figuras B.7 a B.33), não são senão para facilitar a visualização das flutuações de valores de cada variável ao

longo do rio, não implicando necessariamente que as alterações na massa d'água de um ponto a outro sejam consequência de características fixas do trecho que os compreende. Logo, esses resultados devem ser interpretados como tendências, mais fortes ou mais fracas, de modificações nas massas d'água nos trechos considerados, visto que junto às tendências sazonais de variação de vazões ao longo do rio acrescenta-se a dinâmica aleatória de vazões impostas aos cursos d'água pela utilização antrópica de água na bacia hidrográfica (vide itens 4.3.2.b e 4.3.2.d), podendo assim ocorrer modificações bruscas, pouco previsíveis, na qualidade de água do rio, durante o tempo de coleta.

Coleta de 4 a 8 de setembro de 1990
(característica de vazante)

Dos resultados em geral (Tabela A.9 e Figuras B.7 a B.11), pode-se inferir que:

(1) Devido à entrada no rio de esgoto doméstico e industrial sem qualquer tratamento, após o trecho urbano, no ponto 3, houveram aumentos substanciais nos níveis de material em suspensão (Figura B.8) (89,3% é material orgânico em suspensão), de condutividade (Figura B.9), de nitrogênio total (Figura B.10), de fósforo total (Figura B.11) e uma queda brusca nos valores de oxigênio dissolvido e de saturação em oxigênio (Figura B.7), devido ao grande aumento da população de microrganismos decompositores da matéria orgânica presente no esgoto, o que demanda muito oxigênio dissolvido na água.

(2) Pareceu existir um certo controle geomorfológico sobre as condições físicas, químicas e biológicas da água. Nos trechos com corredeiras notaram-se elevações nos níveis de material em suspensão (total, orgânico e inorgânico) no trecho 5-6 (Figura B.8), de condutividade (Figura B.9) e de nitrogênio total (Figura B.10) nos trechos 5-6 e 9-10, de oxigênio dissolvido e de saturação em oxigênio

(Figura B.7), nos trechos 5-6-7 e 9-10. A turbulência da água nesses trechos tem papel importante nos aumentos dos níveis dessas variáveis, pois interage com o leito do rio erodindo-o e com o ar adjacente incorporando-o rapidamente à massa d'água. Além disso, nos trechos mais planos (3-E2-5, 8-9) notaram-se reduções nos níveis de material em suspensão (total, orgânico e inorgânico) (Figura B.8), de condutividade (Figura B.9) e de nitrogênio total (Figura B.10), sendo a redução de fósforo total (Figura B.11) observada apenas no trecho plano mais longo (8-9) e as de oxigênio dissolvido e de saturação em oxigênio (Figura B.7) observadas nos trechos planos E2-5 e 8-9. Nesses trechos de menor declive há menor energia de transporte da água, o que proporciona maior decantação, maior deposição de materiais, e o provável maior tempo de trânsito em relação a outros trechos, proporciona maior tempo de contato da massa d'água com o leito e vizinhanças do rio, o que faz com que os processos metabólicos como respiração, decomposição da matéria orgânica e absorção de nutrientes pela biota presente na água, no leito e vizinhanças (microrganismos, macrófitas, mata ciliar, etc.), sejam mais percebidos pela variação dos valores das variáveis em estudo.

(3) O efeito da queda d'água, entre os pontos 3 e E2, foi percebido pelo aumento dos níveis de oxigênio dissolvido e saturação em oxigênio (Figura B.7) entre esses pontos, embora o efeito da mistura com as águas do Córrego da Água Quente, possa estar incorporado nos valores obtidos em E2.

(4) Houve um aumento em geral dos valores da temperatura da água ao longo do rio, talvez devido à estratégia de coleta adotada, na qual iniciou-se próximo às nascentes, antes do amanhecer, mais frio, e finalizou-se próximo à desembocadura no Rio Jacaré-Guaçu, às 9:00 h, mais quente. Pareceu haver um controle geomorfológico para a temperatura da água, pois houveram aumentos de valores ao final dos trechos planos (3-E2, E2-5 e 8-9) e com represas

(E1-2), talvez devido às menores turbulências nesses trechos em relação aos trechos com corredeiras, e consequentemente menores interações de toda a massa d'água com as massas de ar mais frias da noite. Nos trechos onde há corredeiras (5-6, 9-10) os valores se mantiveram ou decresceram, com excessão do trecho 6-7, após a entrada das águas do Córrego do Can-Can.

(5) Houve possivelmente um efeito diluidor na mistura com as águas do Córrego do Can-Can, do ponto 6 ao ponto 7, pois observaram-se reduções nos valores de material em suspensão (total, orgânico e inorgânico) (Figura B.8), de condutividade (Figura B.9), de nitrogênio total (Figura B.10) e de fósforo total (Figura B.11), contra tendência geral de aumento ou manutenção de níveis nesse trecho longo com corredeiras (5-6-7). Possíveis efeitos de diluição podem ter também ocorrido no trecho plano mais curto (3-E2-5), devido às entradas dos Córregos da Água Quente e da Água Fria nesse trecho do rio, sendo isso observado para o material em suspensão (total, orgânico e inorgânico) (Figura B.8), para condutividade (Figura B.9), para o nitrogênio total (Figura B.10) e para o fósforo total (Figura B.11), sendo o nível desse aumentado em parte do trecho (E2-5), talvez pela entrada do Córrego da Água Fria.

(6) Nos dias posteriores às chuvas fortes no período de coleta, percebeu-se aumento do material em suspensão (Figura B.8), em relação aos níveis médios obtidos nos dias e trechos anteriores, especialmente devido ao sensível aumento do material inorgânico em suspensão, possivelmente originado da "lavagem" da superfície da bacia pelas chuvas e do maior poder erosivo das maiores vazões no leito. Além disso, enquanto se observaram níveis crescentes de material inorgânico em suspensão dia-a-dia, chuva após chuva, os níveis do material orgânico em suspensão sofreram redução e manutenção de seus valores nos mesmos períodos, sugerindo-se a maior participação de fontes não pontuais de material inorgânico da bacia, e as fontes pontuais de material

orgânico do esgoto lançado ao final do trecho urbano sendo possivelmente diluídas com as chuvas. As chuvas pareceram ainda ter um efeito considerável sobre a condutividade (Figura B.9), pois após as chuvas iniciais parece ter havido um aumento nos níveis de condutividade do rio, talvez devido à entrada de substâncias dissolvidas "lavadas" da superfície da bacia e após as outras chuvas os níveis parecem ter se tornado menores devido a efeitos diluidores.

(7) Ao se avaliarem os dois pontos de coleta no Rio Jacaré-Guaçu, ponto J-1, antes da entrada das águas do Rio do Monjolinho, e ponto J-2, após a entrada e mistura com essas águas, notaram-se aumentos substanciais nos valores de todas as variáveis estudadas, vide Figuras B.8 a B.11, com excessão do oxigênio dissolvido e saturação em oxigênio, e da temperatura da água (Figura B.7).

Coleta de 24 de janeiro de 1990
(característica de cheia)

Dos resultados em geral (Tabela A.10 e Figuras B.12 a B.16), pode-se interferir que:

(1) Possivelmente devido às maiores vazões no rio nesse período, houve menor controle geomorfológico e menor influência da entrada de esgotos urbanos nas concentrações de diversas variáveis avaliadas.

(2) O trecho plano longo (8-9) parece ter controlado algumas variáveis por ter, em relação a outros trechos do rio, menor poder de transporte de materiais em suas águas, devido à menor declividade média, e maior tempo de trânsito das águas, devido ao seu maior comprimento. Assim nesse trecho, apesar das maiores vazões em relação à coleta anterior, houveram sedimentações de material em suspensão (total, orgânico e inorgânico) (Figura B.13) gerando-se menores valores no ponto 9; redução de valores do nitrogênio total e fósforo total (Figura B.16), devido às sedimenta-

ções do material particulado e talvez absorção biológica do material dissolvido; a queda acentuada nos valores de oxigênio dissolvido e da saturação em oxigênio (Figura B.12), devido aos processos de respiração da biota da água corrente, leito e vizinhanças do rio. No trecho plano curto (4-5), a diminuição dos valores de algumas variáveis parece estar mais associada à mistura com as águas dos afluentes.

(3) A variação dos valores da temperatura da água ao longo do rio (Figura B.12) sugere mecanismos de armazenamento e dissipação de calor nos trechos, respectivamente menos e mais turbulentos. Assim, ocorreram aumentos nos valores de temperatura da água ao final dos trechos mais planos (4-5, 8-9) ou com represas (1-2), e decréscimos nos valores ao final da queda d'água (3-4) e dos trechos com corredeiras (5-6, 9-10), inclusive o trecho urbano (2-3). Isto é admissível, visto que a temperatura ambiente às 18 h do dia anterior foi elevada ($29,4^{\circ}\text{C}$, segundo dados do posto meteorológico de São Carlos), acrescentando-se ao fato da coleta ter sido realizada após noite mais fria que o dia, sendo as trocas de calor dos corpos d'água com o ar, maiores nos trechos de águas turbulentas (queda e corredeiras) do que nos de águas menos turbulentas (trechos planos e represas).

(4) O perfil longitudinal da saturação em oxigênio (Figura B.12) pareceu ser "imagem especular" do perfil longitudinal da temperatura da água (Figura B.12). Os trechos com corredeiras e queda, que têm maior aeração física da água, apresentaram menores temperaturas da água em seus pontos de saída, portanto com águas de maior solubilidade do oxigênio dissolvido, daí suas maiores saturações em oxigênio nesses locais. Os trechos com represas e os mais planos, que têm maiores tempos de trânsito da água em relação às corredeiras, apresentaram maiores temperaturas ao seu final, portanto com águas de menor solubilidade do oxigênio dissolvido, além de maior efeito do consumo de oxigênio dissolvido por oxidação bioquímica da matéria orgânica

transportada e respiração da biota lótica, daí suas menores saturações em oxigênio nesses locais em relação aos valores iniciais desses trechos.

(5) Os valores do pH (Figura B.15) aumentaram bastante nos trechos iniciais do rio (1-2-3), provavelmente devido ao aumento da alcalinidade (Figura B.15) introduzido pelo esgoto urbano, sendo a partir do ponto 3, mantidos em níveis altos, porém com flutuações geradas por efeitos geomorfológicos. Assim, nos trechos mais turbulentos (3-4, 5-6-7, 9-10), os valores do gás carbônico dissolvido (Tabela A.10) tenderam a diminuir, talvez por perdas para a atmosfera e o consumo de cátions hidrogênio (H^+), para se restabelecer o provável equilíbrio do sistema carbonato-bicarbonato-ácido carbônico, o que levou ao aumento dos valores do pH ao final desses trechos. Nos trechos mais planos (4-5, 7-8-9), houveram aumentos dos valores de gás carbônico dissolvido devido aos processos de decomposição da matéria orgânica e respiração da biota lótica, o que deve ter provocado a maior formação de ácido carbônico e conseqüente redução dos valores de pH ao final desses trechos.

(6) As maiores vazões, características desse período de chuvas, pareceram dominar alguns processos ao longo do rio tais como:

(a) houve tendência geral de aumento nos valores de material em suspensão (Figura B.13), com excessões, havendo desaceleração no aumento entre os pontos 7 e 8, e posterior queda acentuada ao final do trecho plano longo, no ponto 9, até o ponto 10. São características dos períodos com maior nível de precipitações pluviométricas, a maior saturação dos lençóis de água subterrâneos, o maior escoamento superficial e subsuperficial, e maiores vazões ao longo do rio, resultando em maiores quantidades de material em suspensão, por "lavagem" da bacia pelas águas das chuvas, por erosão das margens e por ressuspensão de material do leito. O menor tempo de trânsito das águas e sua

maior energia de transporte de materiais podem ter diminuído os efeitos de sedimentação do material em suspensão nos trechos plano curto (4-5) e com pequenas represas (1-2), pois a deposição de materiais parece ter ocorrido apenas no trecho plano mais longo (8-9).

(b) houve predomínio do material inorgânico sobre o orgânico na composição do material em suspensão (Figura B.13), como visto após as chuvas na coleta anterior, com excessão dos pontos 3 e 4 onde houve a contribuição mais acentuada do esgoto urbano.

(c) houve tendência geral de aumentos da condutividade (Figura B.14) e de sua participante, a alcalinidade (Figura B.15), talvez devido à maior erosão das margens e ressuspensão de materiais do leito, além da "lavagem" da bacia.

(d) não houve queda nos níveis de oxigênio dissolvido e da saturação em oxigênio (Figura B.12) no ponto 3, na saída do trecho urbano (2-3), apesar do esgoto urbano continuar a ser lançado no rio sem tratamento. Parecem ter predominado os processos turbulentos de reaeração física nesse trecho com corredeiras, acrescidos da diluição dos esgotos pelas maiores vazões nesse período. Também a queda nos valores dessas variáveis no trecho plano curto (4-5) não foi tão acentuada como na coleta anterior, pois as águas do ponto 5 apresentaram 79% de saturação em oxigênio, talvez devido à maior vazão nesse período, com maior turbulência e reaeração.

(7) Devido à entrada de esgoto urbano sem tratamento no rio, observou-se no ponto 3 que:

(a) houve aumento do material orgânico em suspensão (Figura B.13), sendo que, de todo material em suspensão, 64,1% era orgânico.

(b) houve um grande aumento nos valores de condutividade (Figura B.14), de alcalinidade e pH (Figura B.15).

(c) houveram aumentos nos valores de nitrogênio e fósforo totais (Figura B.16).

(8) Possíveis efeitos de diluição ou manutenção de valores devido à entrada das águas do Córrego do Can-Can no Rio do Monjolinho, foram observados no trecho 6-7, para as seguintes variáveis: condutividade (Figura B.14), alcalinidade (Figura B.15), saturação em oxigênio (Figura B.12), nitrogênio e fósforo totais (Figura B.16). Efeitos no trecho 4-5, devido aos Córregos da Água Quente e Água Fria, puderam ser observados talvez na diminuição dos valores do material orgânico em suspensão (Figura B.13), da condutividade (Figura B.14), da alcalinidade (Figura B.15), do nitrogênio total (Figura B.16), e talvez nos aumentos dos valores do material em suspensão (total e inorgânico) (Figura B.13) e do fósforo total (Figura B.16).

(9) A diminuição dos valores do material em suspensão (total e inorgânico) (Figura B.13), no trecho urbano (2-3), ao contrário da coleta anterior, sugere um efeito diluidor na concentração de material em suspensão do início do trecho, devido à grande impermeabilização da área urbana (pavimentos, asfalto, casas, prédios, etc.), que contribui com muito menor quantidade de material em suspensão, nas águas lavadas para o rio, do que no caso em que essa mesma área estivesse com o solo descoberto. Isso não é válido para as situações imediatamente após as chuvas, quando essas lavam o material urbano, acumulado na superfície, para dentro dos rios, como pode ser visto no trabalho de GOMES (1981).

(10) Os valores de Material em Suspensão (total, orgânico e inorgânico) (Figura B.13) e de nitrogênio e fósforo (Figura B.16) nos pontos de coleta iniciais 1 e 2, antes do trecho urbano, são maiores do que os do período mais

seco (coleta anterior), refletindo a maior "lavagem" da bacia no período chuvoso, carreando-se assim materiais para dentro do leito.

(11) Notou-se, ao se comparar os pontos J-1 e J-2 no Rio Jacaré-Guaçú, antes e após esse receber o Rio do Monjolinho, que houveram acréscimos nos valores de quase todas as variáveis no ponto J-2 (Figuras B.12 a B.16). Porém, ao se comparar com os resultados da coleta anterior do período característico de seca, percebe-se que, percentualmente, o problema da alteração das águas do Rio Jacaré-Guaçu pela mistura com as do Rio do Monjolinho foi maior, em termos de concentrações, no período mais seco (4-8/09/89). Porém, como a vazão foi maior no período chuvoso (24/01/90), possivelmente as quantidades carregadas do Monjolinho para o Jacaré-Guaçú possam ter sido maiores nesse período.

Coleta de 18 de julho de 1990

(intermediária)

Dos resultados em geral (Tabela A.11 e Figuras B.17 a B.24), pode-se inferir que:

(1) Devido à entrada de esgotos no trecho urbano próximo aos pontos 3 e 4, ocorreram:

(a) um pico de material em suspensão total (62% - matéria orgânica em suspensão) (Figura B.18), não tão pronunciado como no período característico de vazante, talvez devido à diluição do esgoto pelas maiores vazões no rio nesse período intermediário em relação à vazante.

(b) um pico de condutividade (Figura B.19) com valor intermediário aos dos dois períodos de coleta anteriores.

(c) um pico mais acentuado de alcalinidade (Figura

ra B.20) em relação ao pico do período de cheia, talvez devido às menores vazões nesse período, em relação à cheia.

(d) um pico de pH menos pronunciado que o do período de cheia, talvez pelo menor escape de gás carbônico dissolvido para a atmosfera, devido às menores vazões e turbulência, nesse período em relação à cheia (Figura B.20).

(e) diminuição dos valores de oxigênio dissolvido e da saturação em oxigênio (Figura B.17) ao final do trecho urbano, porém não tão acentuada como no período de vazante característico.

(f) um pico de nitrogênio total (Figura B.21), com valor intermediário aos valores de vazante (maior) e de cheia (menor). A maior contribuição ao pico de nitrogênio total talvez seja do amônio (NH_4^+) liberado durante a decomposição da matéria orgânica do esgoto urbano (Figura B.22).

(g) um pico de fósforo total tão pronunciado quanto o do período de vazante (Figura B.21).

(2) Houve um certo controle geomorfológico sobre algumas características físico-químico-biológicas tais como:

(a) houveram diminuições nos valores de material em suspensão (Figura B.18), total, orgânico e inorgânico para o trecho plano longo (8-9) e, total e orgânico para o trecho plano curto (4-5), devido às sedimentações do material particulado, ou ainda talvez acrescidas do efeito de diluição pela entrada de afluentes no trecho curto (4-5).

(b) houve tendência de aumento rápido dos valores do material em suspensão (total, orgânico e inorgânico) (Figura B.18), devido à turbulência provocada no trecho longo com corredeiras (5-6-7), acrescida da grande quantidade de material acumulado na superfície da bacia e lavado,

no dia anterior à coleta, para dentro do rio pela maior precipitação diária do mês de julho (item 4.3.3.a).

(c) talvez parte da diminuição dos valores da condutividade (Figura B.19) nos trechos planos, tenha sido devida aos processos metabólicos de absorção rápida de nutrientes pela biota, especialmente no caso do trecho plano longo (8-9), onde há maior contato espacial e temporal entre a água corrente e o leito do rio, além de insignificantes contribuições de vazões de pequenos afluentes no trecho.

(d) excetuando-se o ponto 3, logo após a entrada de esgotos urbanos no rio, os valores de oxigênio dissolvido e da saturação em oxigênio (Figura B.17) diminuíram nos trechos planos (4-5, 7-8-9) ou com represas (1-2) e aumentaram nos trechos com queda (3-4) ou com corredores (5-6-7, 9-10).

(e) houve diminuição do nitrogênio total (Figura B.22) no trecho plano longo (8-9) talvez devido a processos físicos de sedimentação do material particulado e a processos metabólicos de absorção de nutrientes pela biota aquática (vide diminuição de NH_4^+ -amônio e NO_3^- -nitrato nesse trecho).

(f) ao final do trecho plano longo (8-9), não houve alteração de alcalinidade (Figura B.20), e os processos de respiração que ocorreram, acrescentaram gás carbônico dissolvido à água (Tabela A.11), o que reduziu o pH (Figura B.20). Nos trechos onde há maior turbulência e os valores de alcalinidade (Figura B.20), praticamente não se alteraram, pode ter havido escape de gás carbônico dissolvido (Tabela A.11) para a atmosfera, o que aumentou o pH (Figura B.20), como nos trechos 6-7 e 9-10. Isto denota um certo controle geomorfológico do pH, acrescido das interações com os mecanismos metabólicos biológicos e de drenagem da bacia, que alteram e determinam a alcalinidade.

(3) Os prováveis efeitos das entradas de alguns afluentes puderam ser observados na variação de valores de algumas variáveis tais como:

(a) no trecho 4-5, talvez tenha havido diluição do material em suspensão (total e orgânico) (Figura B.18) pela mistura com as águas dos Córregos da Água Quente e Água Fria, havendo ainda a manutenção dos níveis da fração inorgânica, denotando maior concentração de material inorgânico em suspensão nas águas dos dois afluentes ou de um deles apenas.

(b) no trecho 4-5, talvez tenha havido diluição da condutividade (Figura B.19), pois os valores altos no ponto 4, devido à entrada de esgotos urbanos, se reduziram no ponto 5 a valores intermediários que se mantiveram até a desembocadura no Rio Jacaré-Guaçú, sendo o mesmo efeito notado para a alcalinidade (Figura B.20) e para o silicato (Figura B.24).

(c) no trecho 6-7, devido à entrada das águas do Córrego do Can-Can, possivelmente com qualidade bastante diferente, houve diluição da condutividade (Figura B.19), alcalinidade (Figura B.20), nitrogênio total e NH_4^+ -íon amônio (Figura B.22).

(d) no trecho 7-8, os aumentos de alguns valores de variáveis tais como: material em suspensão (total, orgânico e inorgânico) (Figura B.18), condutividade (Figura B.19), frações dissolvidas do nitrogênio (nitrito, nitrato, amônio) (Figura B.22) e clorofila a total em suspensão (Figura B.24), sugerem a possível entrada e maior interferência de águas do Córrego da Serra que pode ter carreado resíduos da Usina de Açúcar e Alcool, após saída de represa na usina.

(4) Houve uma queda de valores de material em

suspensão (Figura B.18) no trecho 9-10, contra tendência de aumento de valores ao final de trechos turbulentos. Isto talvez possa ser explicado pelo fato do ponto 9 não estar exatamente no final do trecho plano longo, havendo ainda após esse ponto mais um pequeno trecho plano, favorável às sedimentações, incrementadas pela existência de troncos de árvores caídos em meio ao leito do rio, além do fato de existir ao final do trecho 9-10, um pequeno trecho plano antes da desembocadura no Rio Jacaré-Guaçu.

(5) A variação do nitrogênio ao longo do rio (Figura B.22) mostrou o predomínio de nitratos (NO_3^-) na fração dissolvida apenas no ponto 1, havendo grande participação do amônio (NH_4^+), após a água percorrer trechos em sub-bacias de ocupação antrópica mais intensiva. Especialmente após o ponto 3, próximo à entrada de esgoto urbano no rio, a variação espacial do nitrogênio total passou a ser semelhante à variação do amônio (NH_4^+), talvez devido aos processos de decomposição da matéria orgânica, à amonificação e à excreção dos microrganismos.

(6) A variação espacial do fósforo (Figura B.23) apresentou valores baixos nos trechos iniciais com um grande pico após a entrada de esgotos urbanos e uma queda com aparência exponencial, talvez pelo fato do fósforo ser elemento limitante ao desenvolvimento da biota lótica, aparentemente não apresentando controles geomorfológicos. Isso pode talvez ser explicado pelo fato de ter o fósforo total, nessa coleta, predominância da fração dissolvida, potencial (PO_4^{3-} D.T. - PO_4^{3-} I) e imediatamente (PO_4^{3-} I) disponível aos seres

vivos, especialmente nos trechos mais próximos ao ponto 3, após a entrada de esgotos. Nos trechos iniciais e finais do rio, a participação do fósforo particulado é comparável à fração dissolvida total na composição do fósforo total (Tabela A.11).

(7) A variação da clorofila a total em suspensão

(Figura B.24) apresentou um pico nos valores após a saída do trecho com represas (1-2), devido ao maior desenvolvimento do fitoplâncton nesses corpos d'água, sendo posteriormente diluído pela entrada de afluentes pobres em clorofila a e eflúvios do trecho urbano.

(8) Os efeitos da mistura das águas do Rio do Monjolinho com o Rio Jacaré-Guaçu foram os de aumento dos valores de todas as variáveis, exceto a temperatura da água que se manteve, no ponto J-2, em relação ao ponto J-1.

Coleta de 10 de dezembro de 1990
(intermediária)

Dos resultados em geral (Tabela A.12 e Figuras B.25 a B.33), pode-se inferir que:

(1) Os perfis longitudinais das variáveis ambientais para essa coleta foram bastante similares em muitos aspectos aos da coleta anterior (18/7/90), exibindo-se algumas diferenças básicas no que se refere às maiores temperaturas da água, a possíveis maiores vazões, aos maiores níveis de material em suspensão e a entrada de material pontualmente no trecho 7-8, nesta coleta em relação à coleta anterior.

(2) O possível pequeno acréscimo de vazões em relação à coleta anterior, pode ter gerado as seguintes diferenças:

(a) houveram aumentos de material em suspensão (Figura B.26) e o trecho plano curto (4-5) se "comportou" como corredeira, não havendo sedimentações, devido a maior vazão, acrescida dos maiores níveis de material em suspensão (total e inorgânico) (Figura B.26) no início do trecho e possível entrada de materiais pelos Córregos da Água Quente e Água Fria.

(b) Os valores do oxigênio dissolvido e da saturação em oxigênio (Figura B.25) aumentaram no trecho urbano (2-3), indicando predomínio dos processos turbulentos de aeração física da água sobre a demanda por oxigênio devida à decomposição da matéria orgânica dos esgotos introduzidos no rio.

(3) As obras de retificação e canalização no Córrego Santa Maria Madalena, próximo à sua desembocadura no Rio do Monjolinho, no trecho urbano (2-3), podem ter sido as responsáveis pelos maiores níveis de material em suspensão (Figura B.26) ao final do trecho urbano, em relação aos da coleta anterior, além da maior participação do material inorgânico em suspensão na composição do total no ponto 3 (47,9%). Podem ter tido a mesma origem os mais elevados níveis de fósforo total (Figura B.32) no ponto 3, principalmente composto por material particulado ($P_T-PO_4^{3-}$ D.T.),

vez proveniente do material desestabilizado do leito do Córrego Santa Maria Madalena.

(4) Outra diferença importante em relação à coleta anterior foi a entrada de material no rio, próximo à usina de açúcar e álcool, ou pelo Córrego da Serra, no trecho 7-8, ou pelo vazamento ou despejo das lagoas de decantação de vinhoto, ou ainda pela aplicação de vinhoto em lavoura próxima ao rio. Pode-se perceber isso pelos valores no ponto 8 em relação ao ponto 7, ou seja:

(a) grande aumento no material em suspensão (total, orgânico e inorgânico) (Figura B.26), quase todos dobrando de valor.

(b) grande aumento de condutividade (Figura B.27), de alcalinidade (Figura B.28), de nitrogênio total (Figura B.31), talvez principalmente material particulado, de fósforo total (Figura B.32), principalmente particulado ($P_T-PO_4^{3-}$ D.T.).

(c) grande depressão nos valores de oxigênio dissolvido e saturação em oxigênio (Figura B.25), de 77,5% no ponto 7 a 23,1% no ponto 8.

(d) súbito aumento dos valores de clorofila a total em suspensão, denotando possível origem de águas represadas, que podem ser da represa do Córrego da Serra na usina de açúcar e álcool, ou das lagoas de decantação do vinhoto localizadas nesse trecho (Figura B.33).

(5) A influência das águas do Rio do Monjolinho no Rio Jacaré-Guaçu pode ser verificada pelos aumentos nos valores das variáveis ambientais no ponto J-2 em relação ao J-1, com excessão da temperatura da água e da clorofila a total em suspensão, das quais os valores foram reduzidos.

c) Evidências através do Quadro de Variações Percentuais nos trechos

À procura de tendências e possíveis padrões de variação dos valores das variáveis ambientais, nos diversos trechos do Rio do Monjolinho, reunindo-se os resultados de todas as coletas, foi elaborada a Tabela A.13, das Variações Percentuais, as quais são calculadas para cada trecho através dos valores de entrada no trecho (VE) e de saída do trecho (VS), pela fórmula $(\frac{VS-VE}{VE} \times 100)$.

Assim, pela observação dos resultados da Tabela A.13 pode-se inferir que:

Temperatura da Água

(1) A tendência mais forte de alterações da temperatura da água se deu no trecho 1-2, havendo aumentos dos valores para todas as coletas e tendência sazonal de maiores aumentos nos meses mais quentes. Isto pode ser explicado pela presença de represas no trecho, o que implica armazenamento de calor e menor troca com a atmosfera, devido à

menor turbulência em relação aos trechos de água mais corrente.

(2) Em seqüência ao trecho 1-2, as corredeiras do trecho 2-3 (urbano), apresentaram tendência de diminuição de temperatura da água, pela maior turbulência e troca de calor com a atmosfera mais fria das noites anteriores às coletas, e pouca interferência das temperaturas das águas dos afluentes nesse trecho.

(3) Os trechos seguintes apresentaram pequenas ou nenhuma tendência para acréscimos ou decréscimos, havendo em geral poucas alterações nas temperaturas das águas do rio, seja pelo pouco tempo de trânsito da água nos trechos, seja pela mistura com águas dos afluentes.

(4) O trecho plano longo (8-9) apresentou uma tendência de aumento dos valores, porém não tão destacada como no trecho 1-2, talvez pelo menor tempo de trânsito da água em relação àquele, e conseqüente menor armazenamento de calor durante o dia.

(5) As temperaturas das águas no trecho 9-10 praticamente não se alteraram, o que ocorreu mais fortemente no trecho do Rio Jacaré-Guaçu (J1-J2), indicando nenhuma interferência do Rio do Monjolinho, para essa variável.

Oxigênio Dissolvido e Saturação em Oxigênio

(1) Houve tendência à queda de valores no trecho 1-2, devido à presença de represas que armazenam calor, reduzem a solubilidade dos gases, sendo as reduções de valores mais acentuadas nos meses mais quentes, quando também o metabolismo da biota é mais intenso. Acrescente-se a isso o fato da avaliação do oxigênio ter sido feita sempre após os períodos escuros, quando os resultados dos processos respiratórios têm sua maior expressão nos corpos d'água.

(2) No trecho 2-3, devido a entrada de esgoto com forte carga orgânica, nos meses de menor vazão houve maior concentração do material orgânico e redução dos níveis de oxigênio dissolvido na água, sendo este efeito mais drástico no período característico de vazante. Nos meses com maior vazão, devido às maiores precipitações pluviométricas, houve diluição do esgoto e predominância dos processos turbulentos de reaeração física do trecho, havendo aumentos significativos de oxigênio dissolvido na água.

(3) O trecho 3-4, de queda de 30 m de altura, apresentou sempre acréscimos nos valores devido à formação de um "spray" das águas do rio ao passarem pela queda, com gotículas cuja relação superfície/volume é bastante elevada, tornando a difusão do oxigênio da atmosfera para a água mais acelerada.

(4) O trecho 4-5 apresentou tendências ao decréscimo dos valores, devido ao fato de ser plano, embora curto, possibilitando processos de respiração, principalmente bentônica (lodo depositado), predominantes sobre a reaeração física, mais influente no período característico de cheia, quando o decréscimo foi o menor das quatro coletas.

(5) Houve forte tendência ao aumento de valores no trecho com corredeiras 5-6, estendendo-se ao 6-7, porém com menor magnitude, devido provavelmente à mistura com as águas do Córrego do Can-Can.

(6) Houve forte tendência à diminuição dos valores no trecho plano longo 7-8-9, sendo os efeitos maiores observados no trecho 8-9, embora na última coleta a maior queda de valores tenha se dado no trecho 7-8, devido à entrada no rio, de águas que provocaram forte demanda por oxigênio dissolvido.

(7) Houve forte tendência à recuperação de níveis mais elevados de oxigênio dissolvido no trecho com corre-

deiras final, 9-10, devido à turbulência desenvolvida nesse trecho.

(8) A tendência de maiores valores ao final do trecho J1-J2, no Rio Jacaré-Guaçu, não foi senão pela existência de corredeiras e queda d'água entre os pontos. A influência do Rio do Monjolinho foi a de atenuação dessa tendência nos meses de vazante, sendo que no mês de vazante característico houve até diminuição de valores, talvez devido à maior concentração da carga orgânica introduzida no Rio Jacaré-Guaçu nesse período.

Material em Suspensão (Total, Orgânico e Inorgânico)

(1) Houve forte tendência de aumento dos valores no trecho 1-2, devido a ser o ponto 1, o ponto de drenagem da menor sub-bacia entre os pontos escolhidos.

(2) Houve tendência ao aumento de valores do material em suspensão total, no trecho 2-3, devido à entrada principalmente do material orgânico dos esgotos urbanos, o que ocorreu com maior impacto na coleta do período característico de vazante. Na última coleta (12/90), devido ao material desestabilizado do Córrego Santa Maria Madalena, houve maior contribuição do material inorgânico. A coleta do período característico de chuva foi excessão à regra talvez devido à diluição provocada pelas águas pluviais urbanas no material em suspensão total.

(3) No trecho da queda d'água, 3-4, pareceu haver aumento no material em suspensão total, porém não se tem certeza de um padrão ao se observar as frações orgânicas e inorgânicas, além da própria irregularidade das vazões entre os dois pontos, como já visto anteriormente (item 4.3.2.b).

(4) O trecho 4-5 também não apresentou padrões,

embora pareça ter havido aumentos da fração inorgânica e diminuição da fração orgânica, denotando influência da mistura com os afluentes, acrescida de processos de sedimentação nesse trecho plano.

(5) Houve forte tendência a aumentos de valores no trecho com corredeira 5-6, devido à turbulência, estendendo-se mais fracamente essa tendência ao trecho 6-7, devido provavelmente à entrada das águas do Córrego do Can-Can, especialmente no período característico de vazante.

(6) Apesar do trecho 7-8 ser plano, pareceu haver ainda a continuação da tendência do trecho 5-7 de aumentos nos valores, devido ao pequeno comprimento do trecho frente ao poder erosivo das vazões que entram no trecho, havendo uma excessão, no forte aumento ocorrido para todas as frações do material em suspensão, na última coleta, provavelmente devido à entrada de águas com maiores concentrações. Talvez seja essa a mesma origem, porém com menor intensidade, dos pequenos aumentos do material em suspensão nas outras coletas, para o trecho.

(7) Houve forte tendência a decréscimos de valores no trecho plano longo (8-9), mostrando predomínio de sedimentações de material particulado nesse trecho.

(8) O nível de turbulência existente no trecho 9-10 não foi capaz de elevar os valores, havendo aí tendência continuada do trecho 8-9, de redução dos valores. Talvez isto possa ser explicado pelos fatos, já comentados, de haver no início do trecho, uma parte plana com troncos caídos no leito, e ao final, um pequeno trecho plano que pode ter promovido mais sedimentações.

(9) No trecho J1-J2 do Jacaré-Guaçu, houve uma forte tendência ao aumento dos valores, especialmente nos períodos de menor precipitação, devido às maiores diferen-

ças em concentração do material em suspensão, nesses períodos, entre as águas do Rio do Monjolinho e do Rio Jacaré-Guaçú.

Condutividade

(1) Houve forte tendência ao aumento de valores no trecho 1-2, principalmente pelo ponto 2 ser drenagem de sub-bacia maior e mais alterada antropicamente do que o ponto 1, próximo às nascentes do rio.

(2) Provavelmente devido à maior concentração dos esgotos urbanos no rio, nos períodos de menor precipitação pluviométrica, os aumentos mais acentuados dos valores no trecho 2-3, urbano, se destacaram na forte tendência de elevações dos níveis de condutividade nesse trecho.

(3) Não foi possível perceber uma tendência para o trecho 3-4.

(4) Houve uma tendência à diminuição dos valores no trecho plano curto 4-5, seja por diluição após a confluência com os afluentes, seja pela absorção de nutrientes pela biota presente nas águas, leito e vizinhança do trecho.

(5) Houve grande tendência ao aumento dos níveis da condutividade no trecho com corredeiras 5-6, talvez devido à ação erosiva das águas sobre o leito e margens.

(6) Contra a tendência dos trechos mais turbulentos, houve tendência no trecho 6-7 de decréscimo dos valores, provavelmente devido à mistura com as águas do Córrego do Can-Can.

(7) Houve tendência de aumento de valores no trecho 7-8, talvez devido à entrada de águas com maior condutividade, especialmente na última coleta, onde isso foi

mais evidente, o que ocorreu também para outras variáveis ambientais.

(8) No trecho 8-9, plano longo, houve uma pequena tendência de decréscimo de valores, mais provavelmente devido à predominância de processos de absorção de nutrientes pela biota lótica, ou mesmo adsorção a partículas em suspensão ou do leito.

(9) Talvez a ação erosiva da turbulência da água no trecho 9-10, seja a responsável pelo acréscimo dos valores da condutividade.

(10) Houve forte tendência de acréscimos dos valores da condutividade no trecho J1-J2, devido à entrada e mistura das águas do Rio do Monjolinho, com o Rio Jacaré-Guaçu.

Nitrogênio Total

(1) Houve tendência de aumento nos valores no trecho 1-2, provavelmente devido ao ponto 1 ser drenagem de sub-bacia menor, portanto com menos material dissolvido e particulado em suas águas.

(2) No trecho urbano, mais provavelmente devido à entrada e concentração de esgotos, houve tendência a aumentos mais pronunciados nos níveis de nitrogênio total nos períodos de menor precipitação pluviométrica, especialmente no período característico de vazante, enquanto nos outros períodos houveram aumentos menos expressivos.

(3) Não foi possível verificar alguma tendência nos trechos 3-4 e 4-5, porém no trecho 3-5 observou-se tendência de decréscimo dos valores.

(4) No trecho com corredeiras 5-6 houve tendência de aumento de valores, talvez devido ao material colocado

em suspensão e em solução pela ação erosiva da turbulência das águas.

(5) No trecho 6-7 houve tendência de decréscimo de valores, com excessão da última coleta, ficando patente o efeito de mistura com as águas do Córrego do Can-Can.

(6) Houve pequena tendência de aumento dos valores no trecho 7-8, porém sendo bastante acentuado na última coleta, devido possivelmente à entrada de material concentrado em águas afluentes no trecho.

(7) Houve forte tendência de decréscimos dos valores do nitrogênio total no trecho plano longo 8-9, por sedimentação do material particulado e/ou absorção de nutrientes pela biota lótica e adsorção a partículas.

(8) Não houve padrão identificável para o trecho 9-10.

(9) O efeito da entrada das águas do Rio do Monjolinho no Rio Jacaré-Guaçu foi o de forte tendência aos aumentos de valores, especialmente nos períodos de menor precipitação pluviométrica, quando as águas dos dois rios apresentaram forte contraste para essa variável.

Fósforo Total

(1) Houve forte tendência aos aumentos dos níveis de fósforo total no trecho 1-2, devido ao ponto 1 drenar pequena sub-bacia das nascentes, e no trecho 2-3, devido principalmente à entrada de esgotos urbanos no trecho.

(2) Não se observaram tendências nos trechos 3-4 e 4-5.

(3) Talvez se constitua em coincidência ou tendência, o fato de ter havido no trecho 5-6, decréscimos nos

períodos de menores precipitações e acréscimos nos períodos de maiores precipitações.

(4) Houve tendência ao decréscimo de valores no trecho 6-7, talvez devido à mistura com as águas do Córrego do Can-Can.

(5) Para o trecho 7-8 não se identificaram tendências, porém o grande aumento de valores para a última coleta chama a atenção, devido à entrada de águas com qualidade diferente.

(6) Houve forte tendência aos decréscimos de níveis de fósforo total no trecho plano longo 8-9, talvez devido às sedimentações de material particulado e/ou absorção do material dissolvido pela biota lótica, ou adsorção a partículas.

(7) A tendência de decréscimo do trecho anterior se estendeu ao trecho 9-10, apesar da turbulência desse trecho.

(8) No Rio Jacaré-Guaçu, no trecho J1-J2, houve grandes acréscimos de fósforo total, devido à mistura com as águas do Rio do Monjolinho.

pH, Alcalinidade, Gás Carbônico Dissolvido

(1) Houve tendência a um pequeno aumento de valores do pH no trecho 1-2, talvez devido à tendência de aumentos dos valores de alcalinidade nesse trecho, cujo início é o ponto 1, drenagem da sub-bacia das nascentes, cujas águas têm naturalmente menor alcalinidade.

(2) Houve tendência a um maior aumento nos níveis do pH no trecho 2-3, urbano, talvez devido à alcalinidade introduzida pelo esgoto urbano no trecho, a qual também apresenta tendência de aumento.

(3) Houve tendência de decréscimos de valores da alcalinidade no trecho 3-4, queda d'água, e os pequenos aumentos do pH, nos períodos de maior precipitação podem estar associados, às diminuições nos valores de gás carbônico dissolvido, por escape para a atmosfera, na queda. A diminuição do pH na coleta de julho de 1990, deve estar associada ao aumento do gás carbônico dissolvido.

(4) No trecho 4-5, houve tendência às diminuições nos valores do pH, associadas aos acréscimos de gás carbônico dos processos respiratórios da biota nesse trecho plano, e aos decréscimos dos valores da alcalinidade.

(5) No trecho 5-6, com corredeiras, houveram tendências de pequeno aumento no pH, associadas aos aumentos de alcalinidade possivelmente por erosão, e decréscimos de gás carbônico, talvez por escape para a atmosfera.

(6) No trecho 6-7, a turbulência pode ter sido a responsável pela tendência de decréscimos no gás carbônico dissolvido, o que gerou a tendência de aumentos de pH no trecho, já que a alcalinidade não apresenta padrão talvez devido à mistura com as águas do Córrego do Can-Can.

(7) No trecho 7-8, houve tendência a aumentos de alcalinidade, destacando-se o de última coleta, talvez devido à entrada de águas mais concentradas no trecho.

(8) No trecho plano longo 8-9, a tendência à diminuição do pH deve estar associada à grande tendência de aumentos nos valores do gás carbônico dissolvido no trecho, devido possivelmente aos processos respiratórios da biota lótica.

(9) No trecho com corredeiras 9-10, a tendência de aumentos do pH pode estar associada à tendência de redução dos valores do gás carbônico dissolvido, por perdas para a atmosfera nesse trecho turbulento.

(10) Houve tendência de aumento na alcalinidade no trecho J1-J2 do Rio Jacaré-Guaçu, devido à entrada das águas do Rio do Monjolinho, havendo como consequência a tendência ao aumento do pH no ponto J2.

d) Especulações estatísticas para cada variável nos pontos de coleta

Os resultados desse item são tratados como especulações estatísticas, pois como já foi ressaltado o número de coletas em cada ponto foi pequeno (4), sendo que nem todas as variáveis foram avaliadas em todas as coletas e os cálculos foram realizados apenas para as variáveis com, no mínimo, 3 avaliações. O ponto 4 foi eliminado, para esse item, pois sua avaliação foi bastante irregular, sendo esse ponto incluído a partir da segunda coleta e apresentando falhas para o material em suspensão na última coleta.

Os resultados do pH foram transformados em concentrações molares do cátion hidrogênio ($[H^+]$), visto que o cálculo do pH se constitui numa "atenuação" logarítmica das variações da concentração hidrogeniônica, portanto inadequada para a comparação com outras variações de outras variáveis ambientais.

A seguir têm-se alguns resultados.

(1) Média e Desvio Padrão (Variabilidade Temporal nos Pontos)

A Tabela A.14 mostra os resultados do cálculo da média e desvio padrão para cada ponto, sendo esses resultados apresentados em perfis longitudinais (Figuras B.35 a B.41) para as variáveis que foram avaliadas nas quatro coletas ($T_{\text{água}}$, O.D., O.D.SAT, MS_T , MS_O , MS_I , Cond., N_T e P_T).

Esses resultados conduziram às seguintes observações:

(a) A flutuação temporal de valores, em geral, para cada variável, em cada ponto de coleta, foi bastante intensa, a ponto de se tornar difícil a distinção entre valores médios de uma determinada variável entre pontos adjacentes no rio. Vários fatores podem ter concorrido para isso como: 1- as poucas campanhas de coleta, que por si só tornam maiores as variabilidades temporais em cada ponto; 2- a própria natureza variável do ambiente lótico, função da variabilidade climática, do uso antrópico do solo e outros fatores; 3- a natureza inercial da água corrente, associada à pouca capacidade, nos trechos escolhidos, de modificação dos valores das variáveis ambientais.

(b) Apesar da pequena força estatística dos resultados, pode-se ainda notar que houveram diferenças mais significativas entre alguns pontos ao se compararem, ponto a ponto em seqüência espacial, médias e desvios padrões, ou seja:

. entre o ponto 1 e o ponto 2, nos valores do material em suspensão total, talvez devido aos tamanhos das áreas das sub-bacias drenadas e diferentes graus de ocupação e proteção dos solos;

. entre o ponto 2 e o ponto 3, nos valores do material em suspensão orgânica, da condutividade, da concentração hidrogeniônica (pH), da alcalinidade, do nitrogênio total e do fósforo total, provavelmente devido à entrada de esgotos urbanos, com forte carga orgânica;

. entre o ponto J1 e o ponto J2, nos valores do material em suspensão (total, orgânico e inorgânico), condutividade, fósforo total, devido à entrada das águas do Rio do Monjolinho nesse trecho do Rio Jacaré-Guaçu;

. entre os pontos 5 e 6 e 9 e 10, nos valores de oxigênio dissolvido e saturação em oxigênio, provavelmente devido às fortes reaerações promovidas pelos processos tur-

bulentos nesses trechos, após as saídas de trechos mais planos que promoveram depressões nos valores de oxigênio dissolvido na água.

(c) Mesmo com o reconhecimento das limitações estatísticas dos resultados obtidos, algumas tendências, observadas anteriormente, puderam ser reforçadas tais como:

- . tendência ao aumento longitudinal da temperatura da água (Figura B.35) com decréscimos em trechos mais íngremes e turbulentos e acréscimos em trechos menos turbulentos, mais planos ou com represas;

- . tendência a um "controle" geomorfológico sobre a saturação em oxigênio (Figura B.36), com excessão do trecho urbano (2-3) que, embora turbulento, apresenta ao seu final forte concentração de esgotos urbanos, com alta concentração de matéria orgânica;

- . tendência de aumento longitudinal do material em suspensão (Figura B.37) até o ponto 8, devido à capacidade do rio de transportar materiais gerados por fontes existentes na bacia (esgotos urbanos, solos desprotegidos e desestabilizados, resíduos da usina de açúcar e álcool), e pelo poder erosivo de suas águas, especialmente nos trechos mais turbulentos (5-6-7). Essa tendência é contrariada pela capacidade de sedimentação oferecida pelo trecho plano longo (8-9).

- . tendência de aumento brusco dos valores da condutividade (Figura B.39) nos trechos iniciais, devido à entrada de esgotos urbanos; redução dos níveis imediatamente no trecho (3-5), por diluição na mistura com águas dos Córregos da Água Quente e Água Fria ou por absorção de nutrientes pela biota do trecho; manutenção dos níveis até o final do rio, com pequeno controle geomorfológico.

- . Para o nitrogênio total (Figura B.40) e o fós-

foro total (Figura B.41) ocorreram as mesmas tendências que as da condutividade, talvez pelos mesmos motivos, exceto pela redução forte dos valores no trecho plano longo 8-9, a qual deve estar associada aos processos de sedimentação do material particulado, principalmente, de absorção de nutrientes pela biota e de adsorção a partículas.

No que se refere aos sólidos (particulados ou dissolvidos) introduzidos pelo Rio do Monjolinho nas águas do Rio Jacaré-Guaçu, a Tabela A.14 demonstra uma contribuição ao aumento dos níveis médios entre os pontos J1 e J2 para o material em suspensão (total, orgânico e inorgânico), condutividade, alcalinidade, nitrogênio e fósforo totais.

(2) Coefficientes de Variação Temporal

Os resultados apresentados dessas poucas coletas realizadas mostraram algumas tendências em relação às médias dos valores obtidos para cada variável, em cada ponto de coleta. O ambiente lótico mostrou-se até aqui bastante variável, tanto espacialmente, quanto temporalmente (vide desvios padrão na Tabela A.14). Portanto, apesar das poucas coletas que por si só podem aumentar o desvio padrão nos pontos, notaram-se algumas tendências na variabilidade temporal dos valores das variáveis ambientais nos pontos do rio.

Julgou-se o cálculo do coeficiente de variação, como a melhor medida da dispersão temporal em torno dos valores médios das variáveis ambientais, em cada ponto. Assim não se corre o risco de que uma pequena dispersão absoluta seja assim considerada, quando relativamente aos valores médios da variável ela possa ter muito maior magnitude, além de se poderem comparar dispersões de variáveis diferentes, já que o coeficiente de variação é um adimensional (COSTA NETO, 1977).

Portanto, com os valores da média e desvio padrão para cada ponto, calcularam-se os coeficientes de variação

para os vários pontos ao longo do rio, para cada variável, obtendo-se a Tabela A.15. Desses resultados pode-se observar que:

(a) A temperatura da água apresentou os menores valores e a menor amplitude entre os coeficientes de variação, entre todas as variáveis ambientais analisadas. Isto talvez possa ser explicado pelo elevado calor específico da água que "amortece" as tendências de variação brusca de temperatura.

(b) Os maiores valores e as maiores amplitudes do coeficiente de variação foram verificados para o material em suspensão total, orgânico e inorgânico), muitas vezes com flutuações acima das médias. Isto pode ser explicado pela existência de fontes de material particulado com origens diversificadas e disponibilidade variada, e afetadas, em graus diferentes, pelas diversas características que definem as precipitações pluviométricas como, duração, intensidade, distribuição espacial, interagindo com as feições geomorfológicas da bacia e dos leitos dos cursos d'água, além da cobertura dos solos.

(c) Ao se observar os coeficientes de variação de todas as variáveis, ponto a ponto no rio, notou-se que em geral os menores valores se concentraram nos pontos 1 e 9 e os maiores nos pontos 3 e 8, respectivamente pontos cujas águas sofrem menor influência antrópica (nascentes) ou passam por feições morfológicas de auto-depuração (trecho plano longo), e pontos próximos a locais de intensa atividade antrópica (trecho urbano, usina de açúcar e álcool).

(d) Notou-se também que, aparentemente houveram tendências de variabilidade temporal nos pontos, talvez introduzidas pela ação de determinadas características dos trechos percorridos, porém com resultados diferenciados conforme a variável ambiental analisada. Assim, por exemplo, nos trechos com maior turbulência devido às corredei-

ras (5-6 e 9-10), enquanto pareceu haver tendência de redução nos valores do coeficiente de variação do oxigênio dissolvido, devido à forte reaeração em qualquer situação, o que mantém os valores altos, a tendência para o material em suspensão pareceu ser de manutenção ou acréscimo dos valores do coeficiente de variação, já que o poder erosivo das águas nos trechos varia conforme a magnitude das vazões e talvez com a concentração do material particulado no início desses trechos.

(e) Como já visto anteriormente, muitas das variáveis analisadas se relacionam, dependem umas das outras, o que torna a análise da variabilidade temporal e espacial mais complexa. Portanto, considerando-se esta e as observações anteriores sobre o coeficiente de variação temporal nos pontos, julgou-se interessante ordenar os pontos do rio, classificando-os em termos de uma certa "estabilidade ambiental", baseada na somatória dos coeficientes de variação das variáveis ambientais em cada ponto.

(3) Ordenação dos Pontos pela Somatória dos Coeficientes de Variação

Para a realização dessa ordenação pensou-se, a princípio, na classificação dos pontos para cada variável ambiental, com atribuição de notas de 1 a 9, do menor ao maior coeficiente de variação. Assim, feitas as classificações para cada variável, seriam somadas as notas de cada variável para cada ponto, e com o resultado, os pontos seriam então ordenados. Porém, como a sensibilidade de variação espacial dos coeficientes de variação mostrou-se diferenciada para cada variável, julgou-se mais adequada a atribuição de pesos às notas, conforme a variável ambiental considerada, chegando-se finalmente à decisão de que os próprios valores dos coeficientes de variação seriam essas notas ponderadas.

Portanto, considerando-se para cada ponto de coleta, a somatória dos coeficientes de variação temporal de

todas as variáveis ambientais avaliadas em todas as quatro coletas (T , O.D., MS_T , MS_O , MS_I , Cond., N_T , P_T), com excesso da saturação em oxigênio, que é calculada a partir de outras variáveis, obteve-se a seguinte classificação, iniciando-se pela maior soma, relativa ao que será chamado a seguir de menor "estabilidade ambiental", e terminando pela menor soma, que será denominada a seguir por maior "estabilidade ambiental":

1º)	621,3	-	ponto 8
2º)	502,4	-	ponto 3
3º)	473,8	-	ponto 7
4º)	430,3	-	ponto 5
5º)	415,9	-	ponto 6
6º)	373,6	-	ponto 2
7º)	349,4	-	ponto 1
8º)	304,4	-	ponto 10
9º)	295,6	-	ponto 9

Dos resultados dessa classificação e da Tabela A.15, pode-se observar que:

(a) O ponto 1 apresentou-se entre os três pontos mais "estáveis", talvez devido à maior influência da composição mais estável da água subterrânea nessa região de nascentes, e à maior proteção dessas por vegetação ciliar em relação à área drenada.

(b) O ponto 2, de acordo com a classificação, parece ter sido menos "estável" do que o ponto 1, talvez devido à maior influência antrópica na sub-bacia drenada, com pouca proteção de vegetação em relação à área drenada, embora as represas possam ter desempenhado papel estabilizador na variação do material em suspensão (total e inorgânico).

(c) O ponto 3 apresentou grande "instabilidade", provavelmente pela ocupação antrópica e pelo uso da água

para a descarga de esgotos no trecho urbano do rio, fatores esses com dinâmica de expressão na água bastante aleatória.

(d) A partir do ponto 3, houve tendência à diminuição da "instabilidade", provavelmente pela ação de alguns mecanismos homogeneizadores, como a mistura com as águas talvez mais "estáveis", em relação ao ponto 3, dos Córregos da Água Quente e Água Fria, no trecho 3-5, e como a forte reaeração física promovida pela turbulência das águas no trecho 5-6.

(e) A mistura com as águas do Córrego do Can-Can, talvez com menor "estabilidade" que as águas do Rio do Monjolinho, no trecho 6-7, pode ser a causa da menor "estabilidade" do ponto 7 em relação ao ponto 6. A classificação do ponto 7 entre os mais "instáveis" pode também estar associada às mesmas causas da menor estabilidade do ponto 8 entre todos os pontos do rio, ou seja, talvez pelo aumento da aleatoriedade da dinâmica de ação antrópica sobre as águas próximas à usina de açúcar e álcool.

(f) O ponto 8 foi classificado como o mais "instável", devido ao aumento súbito de quase todos os coeficientes de variação em relação ao ponto 7, principalmente causado pelos resultados da última coleta (10/12/1990).

(g) O ponto 9 mostrou-se como o mais "estável" de todos, devido às reduções do coeficiente de variação de praticamente todas as variáveis em relação ao ponto 8. A tendência à homogeneização temporal dos valores talvez possa ser creditada ao comprimento longo do trecho plano e à existência de elementos de retenção de água e materiais (lagos, áreas de inundação, troncos caídos no leito). Assim, parece haver maior tempo para a ação mais prolongada dos mecanismos depuradores da água no trecho 8-9, como os processos de sedimentação do material particulado e os processos metabólicos de decomposição da matéria orgânica e de absorção de nutrientes, tendendo-se à homogeneização dos

valores até próximo aos limites de cada variável no trecho.

(h) O ponto 10 mostrou-se bastante "estável", talvez por transmissão inercial dos valores do ponto 9, já que o trecho 9-10 é curto e o tempo de trânsito da água é mais rápido. Essa inércia pode ser responsável pela proximidade na tabela de classificação, de vários outros pontos adjacentes no rio, ou sejam 1 e 2, e 5, 6 e 7.

4.3.4- Medidas de Metabolismo e de Variação Diurna de Nutrientes em Trechos do Rio

De acordo com o item 3.2.3.b da Metodologia, foram feitas as medidas hidráulicas e morfométricas nos trechos, das quais resultaram:

Trecho TM1:

comprimento: 340 m
 V_m : 0,24 m/s
 P_m : 0,12 m
 L_m : 0,87 m
 Q_m : 87 m³/h
 A_s : 297 m²
 T_t : 0,4 h

Trecho TM2:

comprimento: 750 m
 V_m : 0,41 m/s
 P_m : 0,86 m
 L_m : 2,75 m
 Q_m : 3.481 m³/h
 A_s : 2.062 m²
 T_t : 0,5 h

Para a avaliação das medidas de metabolismo e da variação diurna de algumas variáveis ambientais nos trechos, foram feitos gráficos, nos quais, para cada variável ambiental, os valores resultantes das coletas de água na estação E1 obedeceram à escala de tempo t_{E1} , enquanto aqueles resultantes das coletas na estação E2 obedeceram à escala de tempo t_{E2} . Porém, para que se verificassem as transformações das características da água ao transitar por um dos trechos escolhidos, adiantaram-se as escalas de tempo t_{E2} em relação a t_{E1} justamente pelo valor do tempo de trânsito da água no trecho escolhido. Assim foram obtidas

as Figuras B.42, B.43 e B.44 para o trecho TM1, e as Figuras B.45, B.46 e B.47 para o trecho TM2.

A seguir serão apresentados os resultados obtidos para cada trecho.

a) Trecho TM1

1) Condições Ambientais Gerais

Durante a realização das coletas de água nas duas estações deste trecho houveram algumas ocorrências que certamente tiveram influência nos resultados obtidos, ou sejam:

- a existência de bovinos bebendo água e pisoteando o leito do rio, provocando aumento de turbidez nas águas do trecho, próximo à estação E1 às 7:15 h, e próximo à estação E2 às 7:30 h do dia 16 de agosto de 1990.

- a abertura de comporta de pequena represa, para fins de limpeza, em um dos braços d'água alimentadores do trecho, o que gerou uma onda de vazão e aumentou a turbidez da água no trecho, das 8:00 h às 10:30 h do dia 16 de agosto de 1990.

- o tempo nublado, especialmente das 11:30 h às 12:20 h do dia 16 de agosto de 1990.

- o por do sol às 18:20 h do dia 16 de agosto de 1990.

- a ocorrência de chuvas com intensidade: média das 15:30 h às 15:33 h; forte das 21:30 h às 21:50 h; leves e esparsas das 23:30 h às 24 h e da 0:10 h à 0:45 h; mais fortes da 0:45 h à 1:00 h, da 1:50 h às 2:00 h, das 3:00 h às 3:20 h e das 4:00 h às 4:30 h da manhã do dia 17 de agosto de 1990.

- o amanhecer do dia 17 de agosto de 1990 às 6:10 h, com muita névoa no céu.

2) Medidas de Metabolismo em TMI

Seguindo-se metodologia descrita em OWENS (1974), foi elaborada a Tabela A.16 para o cálculo da taxa de produtividade primária bruta, na realidade taxa de produção fotossintética de oxigênio por metro quadrado de superfície líquida.

Utilizou-se para isso da Figura B.42, da qual tomaram-se os valores da concentração de oxigênio dissolvido para a estação E1 (C_1) e para a estação E2 (C_2), com os respectivos valores de temperatura da água (T_1 e T_2), de meia em meia hora, iniciando-se às 6:30 h na escala de tempo tE1, com término às 6:00 h do dia seguinte. Com as definições das variáveis no item 3.2.3, as outras colunas da Tabela A.16 derivaram dos valores extraídos da Figura B.42, ou sejam: C_1 , C_2 , T_1 e T_2 , sendo assim calculadas para cada horário:

$$\bar{C} = \frac{C_1 + C_2}{2}$$

$$\bar{T} = \frac{T_1 + T_2}{2}$$

\bar{C}_s : calculada a partir dos valores de \bar{T} e pressão atmosférica no trecho, estimada pela variação com a altitude (cota média no trecho = 852 m, pressão atmosférica = 682,8 mmHg), segundo cálculo descrito em GOLTERMAN et al (1978).

K: calculado a partir de fórmula empírica descrita em BOWIE et al (1985) e corrigida para cada \bar{T} .

$$X = \frac{Q_m}{A_s} (C_2 - C_1)$$

$$D = K (\bar{C}_S - \bar{C})$$

\bar{R} = calculada pela média das taxas de respiração noturnas ($R=D-X$), cujo valor é assumido constante para todo o período de coleta, conforme os valores médios de \bar{C} e \bar{T} correspondentes.

$$P = X+R-D$$

Antes de se avaliarem os resultados obtidos, cabem aqui alguns comentários sobre os cálculos de K (coeficiente da taxa de reaeração) e de R (taxa de respiração).

Embora existam métodos mais desenvolvidos e precisos para a determinação de K , entre eles os métodos que utilizam traçadores gasosos, comentados por SCHULZ (1985), optou-se pelo cálculo de K através de equação preditiva, baseada na correlação de resultados experimentais e variáveis morfométricas e hidráulicas de rios e riachos. Esta escolha deveu-se principalmente à não possibilidade de aplicação de métodos mais precisos, por motivos de tempo e economia em função dos objetivos desejados, ou sejam, testar a aplicação do método de ODUM (1956) e obter-se noções sobre suas dificuldades e limitações, e sobre as ordens de grandeza e validade dos resultados obtidos nos trechos do rio escolhidos.

Além disto, outros fatores colaboraram para a escolha de equação preditiva para K , tais como: a facilidade de cálculo, a existência de uma gama grande e variada de equações elaboradas por diversos autores, para diversas situações, e entre essas a existência de uma equação que atendesse às características morfométricas e hidráulicas dos trechos escolhidos.

A equação elaborada por BENNETT e RATHBUN (1972) foi a escolhida entre as equações apresentadas por BOWIE et al (op. cit.), sendo descrita por:

$$f_{(20^{\circ}\text{C})} = \frac{K_{(20^{\circ}\text{C})}}{p_m} = 5,58 v_m^{0,607} p_m^{-1,689}$$

para:

- profundidade média: $0,01 \text{ m} < p_m < 11,0 \text{ m}$
- velocidade média: $0,03 \text{ m/s} < v_m < 1,5 \text{ m/s}$
- coeficiente da taxa de reaeração por unidade de profundidade média: $0,02/\text{dia} < f < 115,3/\text{dia}$

Os valores já calculados de p_m e v_m , bem como os que serão apresentados de K , atenderam às faixas de limitação para a utilização desta equação, nos dois trechos escolhidos.

Como esses cálculos levaram a valores de K para a temperatura de 20°C ($0,43 \text{ m/h}$), fizeram-se necessárias correções para as temperaturas \bar{T} em cada horário. Assim aplicou-se a seguinte equação proposta por OWENS (op. cit.):

$$K_{(\bar{T})} = K_{(20^{\circ}\text{C})} \cdot 1,024^{(\bar{T}-20)}$$

Quanto ao cálculo de \bar{R} , utilizaram-se apenas os valores obtidos entre as 18:30 h, início do anoitecer, e as 21:30 h, quando se iniciou forte chuva na sub-bacia drenada pelo trecho TM1. Os cálculos posteriores a esse horário foram desprezados, já que essa e as outras fortes chuvas da noite provocaram grandes flutuações nos valores das variáveis morfométricas e hidráulicas, sem levar em conta as prováveis alterações na composição da comunidade lótica instalada no trecho, o que impossibilitou a utilização do método de cálculos adotado, das 21:30 h em diante.

Assim, a fim de se ter uma idéia dos prováveis resultados caso não houvessem acontecido essas fortes chu-

vas, adotaram-se as seguintes simplificações:

(a) o valor de \bar{R} para o período noturno inicial (1,374 g/m².h) foi considerado como constante para toda a noite até as 6:00 h do dia seguinte, e para todo o período diurno, já que os valores da média de \bar{C} (5,33 mg/l) e da média de \bar{T} (19°C), correspondentes a esse período noturno, mostraram-se pouco maiores ou menores que a maioria dos valores obtidos para cada horário durante o período de coleta (Tabela A.16). Isto demonstra uma possibilidade de menores erros nos cálculos das taxas de metabolismo, pois sabe-se que as taxas de respiração variam diferentemente para cada componente biótico do sistema lótico, o que se acentua conforme hajam grandes variações de temperatura da água e da sua concentração de oxigênio dissolvido (OWENS, op. cit.).

(b) os valores de P_i (produtividade primária bruta) calculados para os sete horários da noite (Tabela A.16), considerando-se R constante (1,374 g/m².h), foram utilizados para se fazer uma média utilizada para cada horário da noite, cuja multiplicação por 24 resultou na soma-tória dos valores da produtividade para todo o período noturno, na verdade um resíduo dos arredondamentos dos resultados, já que no período noturno não há taxa de produtividade pela falta de iluminação.

Os resultados das taxas de metabolismo diária foram obtidos pela integração dos valores da taxa de respiração e da taxa de produtividade por todo o período de coletas, ou seja:

$$* R = \frac{48}{\sum_{i=1}^{48} (R_i \cdot \Delta t_i)}$$

onde:

$$R_i = \bar{R} = 1,374 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h}$$

$$\Delta t_i = \text{intervalo entre dois cálculos} = 0,5 \text{ h}$$

$$\text{portanto: } R = \sum_{i=1}^{48} (1,374 \times 0,5) = 48 \times 1,374 \times 0,5$$

$$R = 32,976 \text{ g O}_2/\text{m}^2.\text{dia}$$

$$* P = \sum_{i=1}^{48} (P_i \cdot \Delta t_i)$$

onde:

P_i = taxa de produtividade para cada horário t_i

$$\Delta t_i = 0,5 \text{ h}$$

$$\text{portanto: } P = \sum_{i=1}^{48} (P_i \cdot 0,5) = 0,5 \sum_{i=1}^{48} P_i$$

$$\text{como: } \sum_{i=1}^{48} P_i = 2,188$$

$$\text{tem-se: } P = 0,5 \times 2,188$$

$$P = 1,094 \text{ g O}_2/\text{m}^2.\text{dia}$$

Quanto a estes e outros resultados obtidos na Tabela A.16, alguns fatos são notórios:

(1) Excetuando-se os valores iniciais apresenta-

dos na coluna de produtividade primária bruta (P_i), pareceu haver um "bom comportamento" dessa variável de acordo com as variações ambientais durante o período iluminado. Ou seja, notou-se o efeito do sombreamento provocado pelas nuvens sobre o trecho das 11:30 h às 12:20 h, bastando para isso verificar a redução de P nos horários desse período; e notou-se também a redução dos valores de P_i conforme se aproximou o anoitecer.

(2) Alguns dos valores iniciais de P_i mostraram "comportamento" inesperado da variável, ou sejam, valores negativos às 7:00 h e 7:30 h e um pico positivo das 8:00 h às 10:30 h aproximadamente. Os valores negativos talvez tenham sido devidos ao fato de se ter utilizado da média \bar{R} para o cálculo de P_i , quando possivelmente se tenham valores reais de R_i , maiores nesses horários. No caso do pico de valores de P_i , embora as primeiras horas da manhã sejam caracterizadas pela rápida variação da intensidade luminosa na atmosfera e hajam, como resposta, rápidas mudanças das taxas de produtividade primária bruta da parte autotrófica das comunidades lólicas (ODUM, 1956; KELLY et al, 1974), a variação brusca de valores de P_i das 8:00 h às 10:30 h, com um pico às 9:30 h, parece estar associada a algumas outras causas. Uma delas seria uma possível coleta mal feita para a avaliação do oxigênio dissolvido na estação E2 às 9:40 h (Figura B.42), visto que as réplicas para esse fim foram bem feitas, e a outra causa poderia ser o efeito da maior turbulência provocada no trecho devido à onda de vazão, originada da abertura de comporta de uma pequena represa, como já visto, o que pode ter provocado um maior valor de K e uma maior taxa de reaeração (D), talvez predominante por um certo período, entre os componentes da equação que determina as taxas de variação do oxigênio dissolvido no trecho ($X=P-R+D$). Portanto, de acordo com as possíveis correções, haveriam aumentos dos valores de P_i onde seus valores são negativos, e diminuições dos valores de P_i onde seus valores tenham sofrido aumentos bruscos. Como parece haver compensações entre esses possíveis erros, julgou-se melhor

incorporá-los ao cálculo das taxas metabólicas diárias.

(3) A amplitude de variação da taxa de reaeração (D_i) foi de: 0,974 g/m².h, obtida às 12:30 h, a 1,315 g/m².h, obtida às 21:30 h do período noturno. Notaram-se maiores valores para D_i nos períodos de menor intensidade luminosa, e menores valores nos períodos de maior intensidade luminosa, talvez denotando a ação fotossintética dos produtores primários da comunidade lótica no trecho, que ao produzirem oxigênio contribuíram para a diminuição do déficit de saturação em oxigênio dissolvido nas águas do trecho.

(4) Os processos respiratórios da comunidade lótica parecem ter sempre predominado, o que tem indícios de verdade na magnitude dos valores de R_i maior que a dos valores de D_i e muito maior que a dos valores de P_i . Assim os valores da concentração do oxigênio dissolvido na água foram sempre menores nas águas da estação E1 do que nas águas da estação E2 (Figura B.42).

(5) Portanto, pelos valores da taxa diária de respiração da comunidade (consumo de oxigênio) = 32,976 g O₂/m² dia e da taxa diária de produtividade primária bruta (produção de oxigênio) = 1,094 g O₂/m² dia, pode-se afirmar que a comunidade lótica no trecho TM1 é bastante heterotrófica.

3) Variação Diurna de Nutrientes e Outras Variáveis Ambientais em TM1

Observando-se as Figuras B.42, B.43 e B.44 pode-se fazer as seguintes observações:

(a) Durante todo o período de coleta as amplitudes de variação (faixa entre o valor mínimo e o valor máximo) foram as seguintes, para cada variável no trecho TM1:

$T_{\text{água}}$ ($^{\circ}\text{C}$)	:	16 - 21
O.D. (mg/l)	:	4,89 - 6,38
N_{T} ($\mu\text{g/l}$)	:	1351 - 2453
NO_2^- ($\mu\text{g/l}$)	:	1 - 4
NO_3^- ($\mu\text{g/l}$)	:	383 - 595
NH_4^+ ($\mu\text{g/l}$)	:	87 - 173
P_{T} ($\mu\text{g/l}$)	:	22 - 49
PO_4^{3-} D.T. ($\mu\text{g/l}$)	:	8 - 23
PO_4^{3-} I ($\mu\text{g/l}$)	:	6 - 16
Silic. (mg/l)	:	3,60 - 5,68
Cl <u>a</u> ($\mu\text{g/l}$)	:	2,38 - 8,91

Comparando-se esses resultados com os obtidos para os pontos de coleta para o perfil longitudinal, notou-se que as ordens de grandeza dos valores dessas variáveis são as mesmas dos valores obtidos em média para o ponto 1, localizado a montante do trecho TM1, em local com menor influência antrópica. Notaram-se também tendências de maiores valores de NH_4^+ e N_{T} , além de menores valores de O.D. no trecho, em relação aos valores obtidos no ponto 1.

(b) Em função das condições ambientais durante o período de coleta notaram-se algumas possíveis tendências:

(1) talvez devido à abertura da comporta de pequena represa às 7:55 h, tenham havido nos horários posteriores: decréscimos nos valores de NO_3^- e acréscimos nos valores de N_{T} , NH_4^+ , P_{T} , PO_4^{3-} D.T., PO_4^{3-} I e Cl a.

(2) as chuvas mais fortes nessa sub-bacia podem ter sido as responsáveis pelos acréscimos de valores de todas as variáveis, com excessão dos valores da sílica reati-

va ao molibdato, que não se alteraram, e dos valores de clorofila a que decresceram, talvez por diluição provocada pelas próprias chuvas após as 21:30 h.

(c) A partir dos valores das variáveis ambientais nas duas estações de coleta no trecho TM1, a fim de se verificar as transformações destas variáveis no trecho, elaborou-se a Tabela A.17, na qual para cada variável de interesse, a cada hora, foram obtidas as variações entre as estações de coleta, após o trânsito da água entre elas. Assim, observando-se os resultados dessa tabela, apesar das faixas reduzidas de variação, talvez sem significado estatístico, notaram-se alguns fatos:

(1) das 7:00 h às 18:00 h, período iluminado, houveram, durante o trânsito da água entre as estações de coleta, diminuições nos valores das concentrações de fosfato inorgânico dissolvido (PO_4^{3-}) e de sílica dissolvida (silic.), em contraponto ao aumento dos valores dessas mesmas variáveis no período noturno, no final do trecho. Talvez isso signifique a ação, durante o período iluminado, dos processos fotossintetizantes na absorção de nutrientes importantes como o fósforo, não tão evidente pela pequena magnitude das variações (1 a 2 $\mu\text{g/l}$), e como a sílica, que normalmente é absorvida em grandes quantidades pelas microalgas diatomáceas perifíticas.

(2) Os valores quase sempre negativos das variações de NO_3^- (ΔNO_3^-) e os quase sempre positivos das variações de NH_4^+ (ΔNH_4^+) sugerem consumo de nitratos e liberação de amônio no trecho TM1, sendo talvez os "comportamentos" dessas variáveis relacionados diretamente, o que é reforçado pelo ritmo das variações de uma e de outra variável. Ou seja, as menores variações de uma corresponderam às menores variações da outra, de modo geral nos horários de maior luminosidade, enquanto o mesmo ocorreu para as maiores variações de ambas as variáveis nos horários de menor ou mesmo ausência de luminosidade. Talvez isto se deva à

possível presença de substrato orgânico rico em proteínas, ou mesmo peptídeos, ou aminoácidos nos sedimentos do trecho, colonizado por bactérias quimiorganotróficas decompositoras desse tipo de substrato e que utilizam o NO_3^- como acceptor de elétrons e transformando-o em NH_4^+ , em condições redutoras do meio, o que pode ser possível nos sedimentos com bastante matéria orgânica (SCHÄFER, 1985). Isto pode ser possível para o trecho, pois a montante o rio passa ao lado de um chiqueiro de porcos, além de gado bovino excretar no seu leite, inclusive no trecho em questão. Quanto à maior magnitude das variações das variáveis no período de menor luminosidade ou mesmo ausência de luz, pode-se talvez atribuir aos menores valores de oxigênio dissolvido nas águas do trecho nesse período, devido à ausência de produção autotrófica de oxigênio.

(3) No período noturno, pelo menos até a ocorrência de chuvas mais fortes a partir das 21:30 h, notaram-se indícios de liberação e exportação, no trecho TM1, dos seguintes nutrientes dissolvidos: NH_4^+ , PO_4^{3-} e sílica. Juntamente ao já comentado aumento de absorção de nitratos no período noturno, talvez isto possa ser atribuído aos processos de decomposição de matéria orgânica no meio, prevalente aos processos de absorção de nutrientes nesses horários.

(4) As variações do fósforo particulado ($\Delta P_P = \Delta P_T - \Delta \text{PO}_4^{3-}_{D.T.}$) e do fósforo orgânico dissolvido

($\Delta P_{O.D.} = \Delta \text{PO}_4^{3-}_{D.T.} - \Delta \text{PO}_4^{3-}_I$) conduziram às seguintes ob-

servações:

- até o início da ocorrência de chuvas mais fortes a partir das 21:30 h, parecem ter havido tendências à sedimentação de fósforo particulado e à exportação de fósforo orgânico dissolvido.

- as chuvas mais fortes da noite parecem ter provocado a exportação de fósforo particulado, por acréscimo das águas escorridas da sub-bacia no trecho, por erosão das margens, ou mesmo ressuspensão dos sedimentos do trecho. Além disso, parecem ter provocado a diluição do fósforo orgânico dissolvido.

(5) Apesar de parecerem ter alguma tendência nos ritmos das suas variações, foram difíceis as especulações sobre os "comportamentos" das variáveis N_T e Cl_a .

b) Trecho TM2

1) Condições Ambientais Gerais

Alguns fatos que ocorreram tiveram influências no comportamento das variáveis ambientais nas águas do trecho TM2 durante o período de coleta, juntamente com características do trecho e sub-bacia drenada tais como:

- houve a ocorrência de nuvens, fracas às 11:00 h, fortes a partir das 12:30 h, com uma "pancada" de chuva forte ocorrendo rapidamente próximo às 13:00 h. Às 13:20 h o tempo ficou limpo com muito maior luminosidade.

- às 15:00 h, as águas no trecho sempre bastante turvas se avermelharam, indicando a chegada de enxurradas de sub-bacias mais próximas, devido à chuva que passou pelo trecho às 13:00 h e foi se concentrando mais a leste na bacia, nas cotas mais altas do relevo.

- às 18:30 h houve o escurecimento total devido ao por do sol.

- às 21:00 h notou-se um forte cheiro de vinhoto no ambiente.

- das 23:20 h em diante notou-se aumento de vazão no rio.

- às 4:00 h da manhã do dia seguinte observou-se a chegada de outra enxurrada, devido ao avermelhamento das águas no trecho, indicando o processo de lavagem de sub-bacias da Bacia do Monjolinho mais distantes do trecho TM1 a montante, a leste, talvez pela concentração das chuvas da tarde do dia anterior, na região próxima à cidade de São Carlos.

- além disso, no período iluminado, notou-se que grande parte do tempo o trecho permaneceu sombreado por árvores, com pouca luz penetrando no corpo d'água, também devido à grande turbidez apresentada durante o período de coleta. Notou-se às 12:00 h, horário de maior intensidade luminosa, a penetração de luz até próximo de 0,4 m de profundidade, menos da metade da profundidade máxima observada no trecho (0,86 m).

2) Medidas de Metabolismo em TM2

O procedimento para os cálculos das taxas de metabolismo e outros resultados para este trecho (TM2) foi idêntico ao realizado para o trecho TM1, com algumas modificações a serem comentadas. Elaborou-se a Tabela A.18, baseada na Figura B.45, da qual tomaram-se os valores de temperatura da água e da concentração de oxigênio dissolvido nas águas das duas estações de coleta do trecho.

Uma das modificações foi o cálculo de \bar{C}_S a partir de \bar{T} , porém com o valor da pressão atmosférica de 709,5 mm, correspondente à cota média do trecho de 555 m.

A avaliação do coeficiente da taxa de reaeração (K) foi feita utilizando-se a mesma equação de BENNETT e RATHBUN (1972), in BOWIE et al (op. cit.), porém com correções devido à qualidade da água no trecho, ainda poluída por esgotos urbanos com forte carga de matéria orgânica com

a presença de detergentes domésticos.

O trabalho de DOWNING et al (1957) mostrou que a presença de detergentes nas águas afeta de forma adversa a taxa de dissolução do oxigênio, sendo assim fator contrário à auto-depuração de rios poluídos. Assim, o valor de K para as condições morfométricas e hidráulicas do trecho TM2, foi calculado pela equação preditiva já citada, e posteriormente "corrigida" para a situação mais próxima da real, entre as possibilidades de correção apresentadas em quadro de resultados das variadas experimentações em laboratório realizadas por DOWNING et al (op. cit.). Embora esses autores reconheçam limitações nos seus resultados por não terem sido obtidos em corpos d'água naturais, julgou-se válida a sua utilização para a avaliação de K em TM2.

Assim, obteve-se pela equação preditiva um valor $K = 0,15$ m/h para 20°C , corrigiu-se para 15°C ($0,13$ m/h), para a utilização da tabela de correções devidas aos efeitos dos esgotos e detergentes na água, onde todos os valores foram obtidos a 15°C . Dessa tabela obteve-se o fator de 25% de redução do valor de K calculado para água limpa, como o mais próximo da situação das águas do trecho TM2, sendo posteriormente esse valor de K ($0,10$ m/h), corrigido para cada valor de temperatura média das águas no trecho (\bar{T}).

A avaliação da taxa de respiração da comunidade lótica no trecho foi feita com base nos valores da Tabela A.18 até as 22:30 h, horário após o qual houve uma forte redução nos valores médios do oxigênio dissolvido nas águas do trecho, devido provavelmente à entrada de vinhoto nas águas do rio, a partir das 21:00 h, a montante do trecho TM2. Posteriormente houve recuperação dos níveis de oxigênio dissolvido, possivelmente pela entrada no trecho, de águas provenientes de aumento de vazão e turbulência no rio, devido às chuvas da tarde do dia anterior.

Assim, como o estabelecido para o trecho TM1, a fim de se ter uma idéia dos prováveis resultados caso não houvessem acontecido os eventos da noite, adotaram-se as simplificações:

(a) o valor de \bar{R} para o período noturno inicial (0,804 g/m².h) foi considerado como constante para toda a noite até as 6:00 h do dia seguinte, e para todo o período iluminado, já que os valores da média de C_i (1,84 mg/l) e da média de \bar{T}_i (21,8°C), correspondentes a esse período noturno, mostraram-se próximos às médias obtidas para todo o período de coleta considerado para os cálculos das taxas de metabolismo, ou seja, até as 22:00 h.

(b) da mesma forma que para o trecho TM1, os valores de P_i calculados para os nove horários noturnos (Tabela A.18), considerando-se R_i constante (0,804 g/m².h), foram utilizados para se fazer uma média, utilizada para cada horário da noite, cuja multiplicação por 24 resultou na somatória dos valores de P_i para todo o período noturno.

Os resultados das taxas de metabolismo diário em TM2 foram assim obtidos da mesma forma que para TM1, ou sejam:

$$R = 19,296 \text{ g O}_2/\text{m}^2.\text{dia}$$

$$P = 0,270 \text{ g O}_2/\text{m}^2.\text{dia}$$

Quanto a estes e outros resultados obtidos na Tabela A.18, alguns fatos são notórios:

(1) As diferenças observadas entre C_2 e C_1 , após o trânsito da água no trecho foram tão pequenas que talvez não sejam significativas, pois de acordo com VOLLENWEIDER (1974) essas diferenças deveriam ser de 0,10 a 0,15 mg/l para o serem. Assim, apesar de se encontrarem valores de P_i compatíveis com as luminosidades comuns a alguns horários,

como os menores valores de P_i no início e no final do período luminoso, além da maior frequência de valores maiores nos períodos intermediário, encontraram-se também valores negativos de P_i com uma certa magnitude, incompatíveis com os demais. Talvez isso possa ser explicado pela obtenção de valores entre as estações, tão próximos que possam ser estatisticamente indistintos para cada horário de coleta, denotando-se talvez uma interação imperceptível da massa d'água com a comunidade biótica do leito, após o tempo de trânsito da água no trecho TM2. Apesar disso, a tendência a um "comportamento" razoável de P , levou a se considerarem os resultados como válidos e, talvez, os valores negativos sendo compensados pela flutuação de valores em torno de suas médias aleatoriamente.

(2) A amplitude de variação da taxa de reaeração (D) foi de: 0,728 g/m².h, obtida às 13:00 h, a 0,776 g/m².h, obtida às 6:30 h. Notaram-se maiores valores de D_i nos períodos menos iluminados, e menores valores de D_i nos períodos mais iluminados, talvez pela ação fotossintetizante dos produtores primários de comunidade lótica no trecho. Porém, em comparação ao ocorrido no trecho TM1, os valores de D_i não variaram muito, devido aos baixos valores de K_i , já que os déficits de saturação ($\bar{C}_S - \bar{C}$), para o trecho TM2, foram bastante maiores do que em TM1. Como já visto, ao se analisar a equação empregada para o cálculo de K , nota-se que os menores valores de K_i foram devidos à profundidade média (p_m), maior em TM2 do que em TM1, apesar de serem as velocidades médias (v_m) em TM2 maiores do que em TM1. Além disso, os valores de K_i em TM2 foram mais reduzidos ainda devido à qualidade das águas que transitaram pelo trecho.

(3) Apesar do valor de R_i (\bar{R}) mostrar maior magnitude do que os valores de D_i e muito maior do que a dos valores de P_i , seu predomínio, ou melhor, o predomínio dos processos respiratórios no trecho não pareceu ser tão acentuado como em TM1, prova disso foram as flutuações de X_i no

trecho TM2, enquanto em TM1, X_i teve sempre valores negativos.

(4) Os valores obtidos, para a taxa diária de respiração da comunidade lótica, ou melhor, de consumo de oxigênio no trecho TM2, de 19,296 g $O_2/m^2.dia$, e para a taxa diária de produtividade primária bruta, ou produção de oxigênio no trecho TM2, de 0,270 g $O_2/m^2.dia$, indicaram que a comunidade lótica no trecho é bastante heterotrófica.

(5) Ao se compararem as taxas diárias de produção (P) e consumo (R) de oxigênio nos dois trechos escolhidos percebe-se que elas são menores em TM2, talvez devido aos seguintes motivos:

(a) menor penetração de luz em todo corpo d'água devido à maior turbidez nas águas de TM2, além de maior sombreamento nesse trecho, o que gerou menor valor de P, apesar dos maiores conteúdos de nutrientes, em relação ao trecho TM1.

(b) menor relação superfície molhada do leito/volume d'água no trecho TM2 (1,9 m^2/m^3), em relação ao trecho TM1 (10,6 m^2/m^3), o que pode ter promovido menor interação das comunidades fixas do leito com as águas correntes, no trecho TM2 em relação ao trecho TM1.

(c) existiram aparentemente menos sítios de sedimentação no trecho TM2, já que se trata de canal construído e limpo periodicamente, talvez não apresentando assim, as reentrâncias nas margens e o estabelecimento de macrófitas que criam condições hidráulicas diferenciadas do fluxo principal (GREGG e ROSE, 1982), como no trecho TM1. Assim em TM2 provavelmente menos material orgânico, relativamente ao tamanho do leito, foi depositado, devido a esses fatores e à maior capacidade de transporte de suas águas proporcionada pelas suas maiores velocidades. Como resultado, houve no trecho TM2 menor consumo de oxigênio por metro quadrado

de superfície líquida (R), apesar de suas águas apresentarem provavelmente maior demanda por oxigênio, devido ao seu provável maior conteúdo de material orgânico, em relação a TM1.

(6) As relações $\frac{P}{R} = \frac{0,270}{19,296} = 0,014$, para TM2, e $\frac{P}{R} = \frac{1,092}{32,976} = 0,033$, para TM1, mostram que, do oxigênio total consumido os elementos autotróficos produziram 1,4% no trecho TM2 e 3,3% no trecho TM1, sendo mais atuantes nesse trecho, apesar de, em ambos os trechos, ter havido grande importância do material orgânico alóctone para a obtenção de energia pelas comunidades lóticas predominantemente heterotróficas.

3) Variação Diurna de Nutrientes e Outras Variáveis Ambientais em TM2

Observando-se as Figuras B.45, B.46 e B.47 pode-se fazer as seguintes observações:

(a) Durante todo o período de coleta as amplitudes de variação foram as seguintes, para cada variável no trecho TM2:

$T_{\text{água}}$ ($^{\circ}\text{C}$)	:	18,5 - 22,0
O.D. (mg/l)	:	0,57 - 2,18
N_T ($\mu\text{g/l}$)	:	5.300 - 10.324
NO_2^- ($\mu\text{g/l}$)	:	56 - 95
NO_3^- ($\mu\text{g/l}$)	:	284 - 482
NH_4^+ ($\mu\text{g/l}$)	:	3.432 - 6.523
P_T ($\mu\text{g/l}$)	:	525 - 1.643
PO_4^{3-} D.T. ($\mu\text{g/l}$)	:	56 - 189
PO_4^{3-} I ($\mu\text{g/l}$)	:	30 - 134

Silic. (mg/l)	:	5,04 - 9,70
Cl <u>a</u> (μ g/l)	:	4,95 - 12,64

Comparando-se esses resultados com aqueles obtidos para os pontos de coleta para o perfil longitudinal, notou-se que as ordens de grandeza dos valores dessas variáveis são as mesmas dos valores obtidos em média para o ponto 9, localizado a montante do trecho TM2.

(b) Em função das condições ambientais durante o período de coleta notaram-se algumas possíveis tendências:

(1) parte do decréscimo de NH_4^+ durante o período iluminado, pode estar associada ao aumento de NO_3^- , devido às maiores concentrações médias de oxigênio no rio e no trecho nesse período (Tabela A.18), denotando-se talvez a ação de microrganismos nitrificadores.

(2) contrariamente ao que ocorreu em TM1, os valores médios de NH_4^+ no trecho TM2 mostraram ser essa a fração mais importante do nitrogênio dissolvido na água, indicando processos intensos de decomposição de material orgânico a montante e no trecho.

(3) a elevação brusca dos valores médios de sílica das 18:00 h até às 21:30 h aproximadamente, pode estar significando que nesse período mais escurecido, com o cessamento da ação dos autótrofos ao longo do rio, a sílica deixou de ser absorvida pelas algas diatomáceas que a utilizam na constituição de suas frústulas, predominando a partir daí os processos de decomposição e liberação de sílica no corpo d'água.

(4) os "picos" de valores de P_T e Cl a às 15:00 h podem estar associados à chegada de enxurradas de locais próximos ao trecho, após chuva rápida e forte entre 13:00 h e 15:00 h nessa região.

(5) um provável lançamento de vinhoto no rio, a montante do trecho TM2, entre 21:00 h e 22:00 h pode ter sido o responsável pelos seguintes "comportamentos" médios das variáveis no trecho entre 22:00 h e 4:00 h:

- forte depressão da concentração de oxigênio dissolvido.

- "picos" nos valores de N_T , NH_4^+ , P_T , PO_4^{3-} e Cl_a .
D.T.

(6) a enxurrada que chegou ao trecho TM2 por volta das 4:00 h pode ter sido a responsável pela rápida oxigenação ocorrida nas águas do trecho a partir desse horário, após a depressão de oxigênio dissolvido nas águas do trecho.

(c) A partir dos valores das variáveis ambientais nas duas estações de coleta no trecho TM2, a fim de se verificar as transformações dessas variáveis no trecho, elaborou-se a Tabela A.19, na qual para cada variável de interesse, a cada hora, foram obtidas as variações entre as estações de coleta, após o trânsito da água entre elas. Assim, observando-se os resultados dessa tabela, notaram-se alguns fatos:

(1) Durante o período iluminado alguns indícios da atividade dos autótrofos no trecho, talvez possam ser observados nos valores negativos da variação da sílica ($\Delta silic.$) e em parte das variações negativas de NH_4^+ (ΔNH_4^+), significando absorção desses nutrientes. Porém o predomínio dos processos de decomposição podem ser os responsáveis pelas variações de PO_4^{3-} (ΔPO_4^{3-}) em geral positivas, indicando exportação desse nutriente.

(2) As variações em geral negativas de NH_4^+ , durante o período iluminado, podem estar em parte associadas às variações positivas de NO_3^- e NO_2^- , significando talvez

processos de nitrificação quando os níveis de oxigênio foram maiores no trecho TM2, ocorrendo a tendência contrária, em parte da noite antes da entrada de vinhoto no trecho, ou seja, variações positivas de NH_4^+ (exportação) correspondentes a variações negativas de NO_3^- e NO_2^- (absorção), talvez devido ao meio ter ficado mais redutor no período noturno.

(3) As variações do fósforo particulado (ΔP_p) quase sempre negativas indicam predomínio de sedimentações do material particulado no trecho, quase sempre comandando as variações de fósforo total (ΔP_T) durante o período de coleta.

(4) Outras tendências pareceram ocorrer, porém com poucas possibilidades de especulações no mínimo razoáveis. Cabe aqui ressaltar, que as especulações feitas para "explicar" as transformações das variáveis, tanto no trecho TM1 quanto no trecho TM2, em geral carregam elevado grau de incertezas, devido às faixas reduzidas de variação dos valores das variáveis nos trechos, em relação aos seus valores médios, o que pode se confundir com as faixas de variação devido a erros experimentais. Além disso, muitas transformações físico-químico-biológicas podem ocorrer além das especuladas, sendo as variáveis utilizadas talvez insuficientes para detectá-los.

5. DISCUSSÃO

Antes de se iniciar a discussão propriamente, vale mais uma vez ressaltar alguns pontos importantes sobre as limitações e possibilidades desse trabalho para a interpretação dos resultados obtidos.

Em função dos objetivos propostos, esta primeira aproximação, esta primeira noção sobre o estado geral da Bacia Hidrográfica e das águas do Rio do Monjolinho, teve como limitações principais, uma baixa frequência de amostragem das águas do rio e um pequeno número de variáveis ambientais avaliadas em todas as coletas, sendo ainda bastante gerais essas variáveis, por serem descritoras da interação de muitos processos físico-químico-biológicos.

Apesar de se deverem considerar esses resultados com muito cuidado, pela sua fragilidade estatística e sua generalidade, parecem ter surgido algumas tendências e indicações que conduzem à interpretação do potencial de se utilizar o estudo dos sistemas lóticos para a obtenção de diagnósticos dos estados gerais de sistemas maiores, tais como as bacias hidrográficas.

5.1- Características Longitudinais e Temporais das Águas do Rio do Monjolinho

Todos os comentários sobre as características das

águas coletadas terão sempre como referência os pontos de coleta e respectivas sub-bacias drenadas, sendo assim abordadas de forma comparativa. Além disso, procurar-se-á relatar apenas as informações mais evidentes e as tendências mais prováveis.

Ponto 1



As águas coletadas nesse ponto, próximo às nascentes formadoras do rio, apresentaram características relacionadas à influência das águas subterrâneas, à pequena área de drenagem e à razoável proteção das margens e do leito do rio por mata ciliar, o que deve ter preservado algumas características lóticas naturais.

As águas subterrâneas pobres em eletrólitos, devido à sua percolação em solos e rochas superficiais distróficos, constituem as pequenas vazões de base, das nascentes ao ponto 1. Associando-se esses fatos ao baixo poder erosivo dessas vazões, em leito e margens estabilizados fisicamente pela mata ciliar adjacente, podem-se explicar os baixos valores obtidos para a condutividade e a alcalinidade.

As baixas concentrações do material em suspensão (total, orgânico e inorgânico) devem ter sido consequência da pequena área superficial drenada, associada ao pouco poder erosivo e de transporte das pequenas vazões e à proteção do leito e margens do rio pela mata ciliar. As menores concentrações de nitrogênio e fósforo totais parecem ter se originado parcialmente das menores concentrações de material particulado, e parcialmente das menores concentrações de material dissolvido.

As baixas concentrações de materiais sólidos (dissolvidos e particulados) em águas correntes de cursos protegidos por matas ciliares, e fortemente influenciadas por fontes subterrâneas provenientes de solos e rochas pobres em bases trocáveis, parecem ser características das águas de riachos e rios da região, próximos às nascentes, como pode ser comprovado pelos trabalhos de MAIER (1983) no

Rio Jacaré-Pepira, de MATHEUS e TUNDISI (1988) nos formadores e afluentes iniciais do Rio Jacaré-Guaçú, e de SANTOS (1990) no Córrego do Gregório, afluente do Rio do Monjoliinho.

A temperatura das águas no ponto 1 foi em média mais baixa, devido principalmente aos horários de coleta em madrugadas escuras, quando normalmente se expressam as temperaturas diárias mais baixas da água (HYNES, 1970).

A provável pouca variação no tempo da composição das águas que afloram a montante deve ter contribuído para os baixos coeficientes de variação temporal da alcalinidade e da condutividade. Além disso, a baixa variabilidade temporal da temperatura dessas águas associa-se ao efeito conjunto de amortecimento das variações sazonais de temperatura, pelo solo nas águas subterrâneas, e pela mata ciliar sombreando as águas correntes do trecho, anterior ao ponto 1. O efeito amortecedor ('buffer') nas variações temporais da temperatura da água, exercido pelo solo e pelas matas ciliares foi reconhecido por diversos autores, entre eles, BURCKHOLDER e SHEATH (1985) (solo), LYNCH et al (1984) (mata ciliar) e HYNES (op. cit.) (solo e mata ciliar).

A condutividade, apesar da baixa variabilidade temporal, mostrou comportamento talvez sazonal, pois o valor mais alto foi obtido no período característico de vazante e o valor mais baixo no período característico de cheia, indicando diluição da quantidade de eletrólitos que a matriz do solo é capaz de fornecer à maior saturação dos lençóis subterrâneos nesse período.

Os altos coeficientes de variação temporal observados para o material em suspensão parecem seguir as variações promovidas pelo ciclo hidrológico, ou seja, maior concentração no período de maior vazão e menor concentração no período de menor vazão. O material em suspensão é uma variável com alta flutuação temporal, mesmo com baixa ou nenhuma influência antrópica na conformação natural da bacia hidrográfica (MEYBECK et al, 1989). Esse parece ser o caso desse trecho do rio, sendo talvez essa alta variabilidade tempo

tal devida ao contrastante poder de transporte de materiais particulados entre os períodos de cheia e vazante, acrescido da variada disponibilidade de material, de acordo com a dinâmica de produção de detritos da mata ciliar e de formação de pequenas represas de detritos no leito do rio, comuns em áreas florestadas de nascentes (MINSHALL et al, 1983). Na região em questão, a maior produção de serapiheira se dá no período mais seco, quando as florestas semidecíduas perdem parte de suas folhas (LAMPARELLI, 1989), que ao caírem sobre os leitos estreitos e rasos dos trechos iniciais, próximos às nascentes dos rios, podem formar mecanismos retentores de materiais (pequenas represas), junto com outros pedaços de galhos, troncos, sementes, etc. A pequena vazão desse período não é capaz de arrastar esse material, ficando esse disponível para processamento da comunidade lótica e arraste dos materiais nos períodos de maiores vazões e capacidade de transporte.

A variabilidade temporal elevada para o nitrogênio e o fósforo totais parece ter correspondido à sazonalidade apresentada para o material particulado em suspensão.

Quanto aos gases dissolvidos, os altos valores de oxigênio dissolvido e da porcentagem de saturação em oxigênio foram consequência da turbulência aumentada por uma pequena queda d'água antes do ponto 1, embora o consumo de oxigênio deva ser elevado pela provável comunidade heterotrófica, nesse trecho do rio sombreado por mata ciliar, com base alimentar nos seus detritos. A atividade heterotrófica com consumo líquido de oxigênio é comum em trechos de rios com essas características (MINSHALL et al, op. cit.). Os valores médios do gás carbônico nesse ponto pareceram elevados, se comparados aos pontos com elevada poluição orgânica a jusante da cidade de São Carlos, e podem ser indicadores da produção heterotrófica no trecho anterior ao ponto 1. Portanto, deve ter havido grande consumo de oxigênio por via biológica nas águas coletadas no ponto 1, porém houve imediata reposição por mecanismos de difusão turbulenta da atmosfera para a água, elevando-se sempre os valores do oxigênio dissolvido até próximos da saturação, o que

acarretou baixa variabilidade temporal nessas variáveis.

A baixa média da alcalinidade obtida no ponto 1 indica o pouco poder tampão dessas águas em relação ao pH, sendo esse menor, devido ao conteúdo razoável de gás carbônico dissolvido, cuja origem pode não ser apenas de natureza biológica lótica, mas também provavelmente das águas subterrâneas aflorantes no trecho (MARGALEF, 1983). O alto coeficiente de variação temporal do gás carbônico dissolvido provavelmente está relacionado às variações sazonais de vazão e temperatura da água que influem respectivamente na sua velocidade de difusão para a atmosfera e na sua solubilidade na água. A elevada flutuação dos valores da concentração hidrogeniônica ($[H^+]$), relacionada diretamente à flutuação do pH, foi consequência da flutuação do gás carbônico dissolvido, já que a alcalinidade permaneceu estável nesse ponto.

Ponto 2

Esse ponto caracterizou-se pela drenagem de águas que, após saírem do ponto 1, foram acrescidas das águas de uma sub-bacia adicional com maior influência antrópica (rural e urbana), além de percorrerem trechos de rio sem a proteção de matas ciliares, com barragens em três locais do Rio do Monjolinho.

Em geral os valores médios das variáveis ambientais foram maiores do que os obtidos no ponto anterior, contribuindo para isso a maior disponibilidade de materiais devido à maior área drenada, a pouca proteção das margens e do leito dos cursos d'água por matas ciliares, em relação à área drenada, o que associada às maiores vazões no ponto, pode ter promovido maiores taxas de erosão do leito e das margens do rio. Além disso é provável que tenha havido uma maior disposição de resíduos de origem antrópica (rural e urbana), diretamente nos leitos dos cursos d'água. Assim, foram observados aumentos expressivos do material em suspensão (total, orgânico e inorgânico), da condutividade, da alcalinidade, do nitrogênio total e do fósforo total.

Além disso, observaram-se alguns efeitos da barragem do Rio do Monjolinho, na Universidade Federal de São Carlos, tais como: o maior tempo de residência das águas na represa (NOGUEIRA, 1990), a menor velocidade, a menor turbulência gerando menores taxas de troca de calor e gases da água com a atmosfera, e a maior exposição da massa d'água a processos biológicos das comunidades com caráter mais lântico do que lótico.

Observou-se a maior temperatura média da água entre todas as águas coletadas do rio, com ritmo sazonal de maiores valores, em relação ao ponto 1, nos períodos mais quentes. Isso parece caracterizar a represa como um mecanismo armazenador de calor. O aumento da temperatura da água nas saídas de águas superficiais de represas ou lagos, ou seja, com tempo de residência maior do que a dos trechos lóticos anteriores, foi observado por EDINGTON (1965) em lagos de rios da Inglaterra, sendo na região do Rio do Monjolinho observado por MAIER (op. cit.) em represa do Rio Jacaré-Pepira e por MATHEUS e TUNDISI (op. cit.) na represa do Ribeirão do Lobo.

Os menores valores do oxigênio dissolvido e da saturação em oxigênio em relação ao ponto anterior pareceram ser consequência da menor solubilidade do oxigênio na água, devido à maior temperatura média da água, e maior demanda por oxigênio da comunidade aquática, devido à maior quantidade de matéria orgânica em suspensão e, provavelmente, em solução também. NOGUEIRA (op. cit.), em amostragem mais freqüente das águas da represa, não observou correlação negativa entre os valores do oxigênio dissolvido e os valores da temperatura da água, talvez devido à alternância, em um mesmo período quente, de valores mais altos de oxigênio dissolvido, quando do grau de desenvolvimento de fitoplâncton, e de valores mais baixos, quando da decomposição bacteriana das células mortas do fitoplâncton desenvolvido nos meses anteriores.

Os valores de pH no ponto 2 foram superiores aos do ponto 1, devido à maior alcalinidade média em suas águas, apesar do nível médio de gás carbônico dissolvido

permanecer próximo ao do ponto 1.

Os valores obtidos para as variáveis ambientais nesse ponto estão, em geral, dentro das faixas de amplitude de variação apresentadas no trabalho de NOGUEIRA (op. cit.). Destacam-se ainda os grandes valores de clorofila a total em suspensão, em relação a todos os outros pontos do rio, evidenciando-se mais um dos efeitos da barragem das águas do rio, ou seja, a maior produção fitoplanctônica autóctone, enquanto a jusante parece haver diluição dessa produção (MARGALEF, op. cit.). Além disso, cabe aqui ainda ressaltar os elevados valores de amônio (NH_4^+), obtidos nas coletas de períodos intermediários, certamente resultantes de atividade biológica, cujos níveis altos, especialmente o de dezembro de 1990, corresponde ao pico de valores obtidos por NOGUEIRA (op. cit.) na represa da UFSCar.

Em relação ao ponto anterior, algumas modificações nos valores dos coeficientes de variação temporal podem ter-se originado tanto de comportamentos naturais diferenciados pela natureza mais lântica das águas, como de modificações antrópicas na bacia hidrográfica.

Portanto, a maior variabilidade temporal da temperatura da água nesse ponto, em relação a todos os outros pontos amostrados do rio, deve estar ligada às maiores amplitudes térmicas sofridas pela massa d'água na represa de uma estação térmica à outra. HYNES (op. cit.) comenta que num mesmo ciclo sazonal as águas com tempo de residência maior no leito têm amplitude térmica maior do que águas mais correntes nas mesmas condições de radiação solar e sombreamento. As maiores variabilidades temporais do oxigênio dissolvido e da saturação em oxigênio, pareceram ser parte devidas à variabilidade temporal da solubilidade, por causa da variabilidade da temperatura da água, e parte devido à maior influência antrópica na bacia, com maior variabilidade temporal do material orgânico particulado suspenso, e provavelmente também o dissolvido, associada à dinâmica de demanda e consumo de oxigênio pelas comunidades aquáticas.

Os aumentos da variabilidade temporal da conduti-

vidade e da alcalinidade em relação ao ponto anterior parecem ser resultado do acoplamento da disponibilidade aleatória das fontes antrópicas (ocupação desordenada do solo e margens e leito do rio desprotegidos) e das fontes naturais mais estáveis (águas subterrâneas).

Os efeitos da barragem na variabilidade temporal foram, além dos já comentados para a temperatura da água, de redução no coeficiente de variação temporal do material em suspensão, pois a amplitude de flutuação hidrológica provavelmente foi amortecida, em comparação aos trechos de água mais corrente. Quando há disponibilidade das fontes de material em suspensão, essa variável tem sua dinâmica de variação acoplada à do regime hidrológico (MEYBECK, et al).

Os maiores valores do coeficiente de variação temporal do nitrogênio e fósforo totais, em relação ao ponto anterior, talvez possam ser devidos ao aumento da variabilidade temporal do material em suspensão orgânico, bem como do material dissolvido (vide condutividade).

O coeficiente de variação temporal da concentração hidrogeniônica (pH, indiretamente) foi menor que a do ponto anterior, embora a variabilidade da alcalinidade tenha sido bem maior. Talvez isso seja devido aos valores muito maiores de alcalinidade que os do ponto anterior e à pouca variabilidade temporal do gás carbônico dissolvido, provavelmente ligada à menor flutuação hidrológica e da turbulência conseqüentemente. Segundo STUMM e MORGAN (1981), a velocidade das reações que produzem ou consomem gás carbônico dissolvido na água são muito maiores que as de transferência da água para a atmosfera e vice-versa. Daí talvez, com a menor e menos variável turbulência das águas da represa haja menor troca de gases entre a água e o ar e os níveis de gás carbônico produzido no período noturno, anterior às coletas, tenham quase sempre atingido valores próximos, correspondentes à produção heterotrófica na água, ditando-se assim sua pequena variabilidade temporal.

Ponto 3

É o ponto de coleta que drena a água dos pontos anteriores e suas sub-bacias, modificada pelas fortes características antrópicas impostas, à área de drenagem acrescida, bastante urbanizada, e à utilização da água.

Aumentos expressivos dos valores de quase todas as variáveis foram observados nas águas coletadas nesse ponto, especialmente durante os períodos mais secos, de menores vazões no rio, quando houve concentração das fontes, pode-se dizer, pontuais de esgoto doméstico e industrial despejados no rio pelo sistema de esgotamento da cidade de São Carlos.

Em geral, os aumentos mais expressivos do material em suspensão foram devidos ao material orgânico, evidenciando-se aí a grande contribuição dos esgotos domésticos com predominância de excreção humana, embora as indústrias possam gerar grandes quantidades de matéria orgânica, porém com características de degradabilidade microbiológica específicas conforme sua qualidade (MEYBECK et al, op.cit.).

A entrada de esgotos urbanos, seja pontualmente próximo ao ponto 3, no Rio do Monjolinho (SAAE, in SANTOS, 1990), seja por vazamentos do antigo sistema coletor ou de esgotos clandestinos, no rio e afluentes a montante (EESC/DNAEE, 1979; GOMES, 1981; SANTOS, op. cit.; dados deste trabalho), pode ter sido também a responsável principal pelos elevados valores de condutividade, alcalinidade, nitrogênio e fósforo totais, além da redução dos valores de oxigênio dissolvido e de saturação em oxigênio, apesar da grande turbulência no ponto. ARCEIVALA (1981), in MEYBECK et al (op. cit.), ao estudar as características de esgotos domésticos, estimou em 60% a participação da amônia livre na composição do nitrogênio total e em 70% a participação do fósforo biodisponível na composição do fósforo total, sendo esse último resultado corroborado por HOLTAN et al (1988). Os dados obtidos no ponto 3 para o período intermediário de vazante parecem confirmar esses resultados, pois o íon amônio foi 61% do nitrogênio total e o fósforo dis-

solvido total foi 79% do fósforo total nessa coleta. No que pesem fatores como a diluição pelas vazões do rio, a composição provavelmente diferente do esgoto urbano de São Carlos, a metodologia e variáveis talvez diferentes das dos autores citados, a grosso modo parecem ter predominado no ponto 3 as características das águas do esgoto sobre as águas do rio às quais foi misturado.

Alguns fatores típicos da intervenção antrópica urbana na paisagem parecem ter sido detetados em algumas coletas, tais como:

1- a impermeabilização relativa da área urbana pode ter sido observada na coleta do período característico de cheias, pelos menores valores do material em suspensão total em relação ao ponto anterior, principalmente devido ao material em suspensão inorgânico, sugerindo-se diluição das águas mais concentradas do ponto 2 por águas menos concentradas da área urbanizada, já lavada de seus resíduos superficiais por chuvas anteriores no período intermediário entre os períodos de vazante e de cheia. Além disso, os pequenos aumentos do material orgânico em suspensão, da condutividade, do nitrogênio e fósforo totais, relativos ao ponto anterior, quando comparados aos grandes aumentos no período característico de vazante, juntamente aos altos valores de oxigênio dissolvido e saturação em oxigênio, parecem confirmar os efeitos de diluição por águas menos concentradas em material orgânico e inorgânico e mais turbulentas devido ao seu maior volume nesse período.

2- a maior disponibilidade de materiais, em área urbana, a serem carregados pelas águas das chuvas para dentro dos rios pode ter sido observada no ponto 3 na última coleta, a do período intermediário de cheias. Nessa coleta observaram-se muito maiores concentrações de material em suspensão, com grande participação relativa do material inorgânico em suspensão, aumentos expressivos de condutividade, de alcalinidade, de nitrogênio e fósforo totais com grande participação de material particulado, talvez indi-

cando a entrada de material desestabilizado das margens e do leito do Córrego Santa Maria Madalena, devido a obras de retificação e canalização, próximo à sua desembocadura no Rio do Monjolinho.

A ocupação e desenvolvimento urbanos por si só são fatores de aumento na disponibilidade de fontes de material em suspensão, pois durante o período de construções de casas, prédios, ruas, ou seja, da infra-estrutura urbana o solo é desestabilizado, e fica susceptível ao arraste para os corpos d'água pelas chuvas (MEYBECK et al, op. cit.). Outras fontes urbanas de material em suspensão são os resíduos gerados pela disposição de lixo nas ruas e os resíduos gerados pelo tráfego urbano, os quais se acumulam até que as chuvas lavem a área urbanizada das bacias, sendo as primeiras chuvas, as que carregam maiores concentrações de material acumulado, as quais são diluídas posteriormente com as outras chuvas seguintes (GOMES, op. cit.). A menor infiltração das águas pluviais em área urbana, devido à impermeabilização promovida por pavimentos, calçadas, asfaltamentos, telhados, etc., promove, quando das chuvas na área, concentrações de grandes volumes d'água que arrastam os materiais disponíveis para os rios em tempos bastante menores do que em outras áreas equivalentes, com outras coberturas (agricultura, florestas, etc.). O impacto sobre as águas dos rios é imediato, pois as cargas de materiais arrastados podem ser muito poluentes (GOMES, op. cit.), além do poder de erosão, a jusante dos pontos de entrada dessas águas, ser bastante multiplicado, ainda mais se houver retificação dos cursos d'água (KARR e SCHLOSSER, 1977).

3- outro fator importante a ser considerado foram as modificações drásticas no regime de vazões do rio impostas pelo funcionamento do sub-sistema urbano. Deve-se isso à importação de grande quantidade de água de outra bacia (Ribeirão do Feijão) para, junto com águas retiradas da própria bacia, satisfazerem a demanda urbana diferenciada (doméstica, industrial), sendo posteriormente ao processamento urbano diferenciado, dispostas no rio, com qualidade

bastante modificada pela carga de resíduos urbanos incorporada.

A carga de resíduos urbanos foi verificada pelos aumentos expressivos dos valores das variáveis ambientais medidos no ponto 3, e a magnitude do aumento antrópico das vazões no Rio do Monjolinho talvez possa ter sido verificada nas medidas de vazões do dia 9 de dezembro de 1990, quando a vazão no ponto 3, com o canal da Usina Hidrelétrica fechado, foi bastante superior à soma da vazão no ponto 2 com as vazões dos afluentes principais no trecho 2-3, ou sejam respectivamente $0,73 \text{ m}^3/\text{s}$ (ponto 3) e $0,24 \text{ m}^3/\text{s}$ (ponto 2+Af1+Af2+Af3). MATTOS (1968) em um cálculo aproximado, apresentou a participação da drenagem dos esgotos urbanos como sendo a metade das vazões do rio a jusante da cidade. O cálculo para as medidas de vazão do dia 9 de dezembro de 1990 no Rio do Monjolinho, demonstrou ser a vazão no ponto 3, constituída por dois terços da drenagem de esgotos urbanos. Isto confirma não só a introdução no rio de grandes volumes de água importados de outra bacia, bem como o potencial poluente que esses carregam ao passar pela malha urbana. Como também visto anteriormente, esse potencial poluente é reduzido no período de cheia e bastante acentuado no período de vazante.

Portanto, pelos fatos apresentados pode-se observar, nesse ponto de coleta, fortes modificações nas águas do rio, tanto de ordem quantitativa, como de ordem qualitativa, além da forte suspeição de aumento da aleatoriedade na dinâmica de expressão das variáveis ambientais avaliadas. De fato, o acoplamento da dinâmica antrópica aleatória de entrada de águas no rio, com a dinâmica de entrada natural de águas pelo regime de chuvas, modificada pelas alterações antrópicas nas estruturas superficiais de escoamento, e ainda acrescidas da dinâmica antrópica, também aleatória, de produção de materiais e resíduos diversificados, podem ter sido responsáveis pelos grandes valores dos coeficientes de variação temporal no ponto 3, em relação a quase todos os outros pontos de coleta, e maiores ou sem diferenças em relação ao ponto anterior.

Ponto 4

As águas drenadas pelo ponto 4 apresentaram como única característica marcante, o aumento dos valores de oxigênio dissolvido e de saturação em oxigênio, em relação ao ponto 3, devido à queda d'água de 30 m entre os dois pontos, existente em função da exposição do basalto, que é o substrato geológico que controla estruturalmente a drenagem da Faixa Norte. Não se observaram nem indícios de padrões para as outras variáveis ambientais, talvez pela má localização desse ponto 4. Sabe-se que, entre os pontos 3 e 4, existem comportas de um canal alimentador de água para as turbinas geradoras de eletricidade de uma usina hidrelétrica, a qual aproveita a energia potencial da queda d'água. O funcionamento irregular da usina hidrelétrica provocou, durante as coletas, situações de comportas abertas ou comportas fechadas não havendo assim uma continuidade de vazões entre o ponto 3 e 4, bastante próximos no rio.

Após a grande carga de materiais de origem antrópica (urbana principalmente), ou mesmo natural, antropicamente desestabilizados, verificada de forma intensa nas águas do ponto 3, as águas coletadas a jusante pareceram inercialmente muito influenciadas pelos valores absolutos das variáveis ambientais e suas variabilidades temporais. Essas tendências a jusante do ponto 3 pareceram ser progressivamente modificadas ao longo do rio, para mais ou para menos, seja pela entrada de afluentes com águas de qualidade diferenciada das do rio principal, devido ao estado de ocupação de suas respectivas sub-bacias, de conservação de seus leitos e margens e de uso antrópico de suas águas, seja pela ação dos modificadores físico-químico-biológicos dos trechos, tais como: os fluxos hídricos diferenciados pelas diferentes declividades e substratos do leito, a proteção do leito e margens diferenciada pela presença ou não e o tipo de vegetação marginal, a ação das comunidades bio-

lógicas lóaticas instaladas nos trechos do leito e/ou em trânsito com a massa d'água.

Assim, mecanismos de autopurificação das águas do rio como os descritos por SCHAFER (1985) nem sempre foram eficazes de imediato, devido ao grau elevado de interferência antrópica na área predominantemente rural da bacia hidrográfica, a jusante da cidade de São Carlos.

Ponto 5

Após as águas do Rio do Monjolinho receberem forte impacto urbano, detetado no ponto 3, e saírem da parte elevada do planalto de São Carlos, descendo a queda de 30 m, com forte reaeração física, coletadas no ponto 5 caracterizaram-se por mostrar efeitos conjuntos do trecho plano anterior e da entrada dos afluentes Córregos da Água Quente e da Água Fria que drenam áreas com diferentes graus de atividade humana, ou sejam, respectivamente urbanização, mineração e atividades rurais para o Água Quente e mineração de areia e atividades rurais para o Água Fria.

Assim, em relação ao ponto 3, notaram-se efeitos de diluição, por mistura com os afluentes, em parte do material orgânico em suspensão, na condutividade, na alcalinidade e em parte do nitrogênio total e do fósforo total. Como efeito de sedimentação de material particulado em trecho mais plano, parte das diminuições do material orgânico em suspensão e do nitrogênio e fósforo totais talvez possam ser explicadas.

A diminuição dos valores do oxigênio dissolvido e da porcentagem de saturação em oxigênio, pode ter indicado a ação heterotrófica dos microrganismos da coluna d'água e/ou fixos no leito, decompositores do esgoto orgânico introduzido, prevalecendo sobre a menor taxa de reaeração física, promovida pela menor turbulência nesse trecho plano curto, em comparação aos trechos com corredeiras. Podem estar confirmando isso, os altos valores de gás carbônico dissolvido que provocaram decréscimos nos valores do pH.

O aumento em geral do material inorgânico em sus-

pensão pode ter sido resultante dos processos erosivos no trecho 3-5, ou ainda da ressuspensão de material depositado no fundo do leito, quando dos períodos de maiores vazões e força de transporte. A possibilidade de grandes cargas introduzidas pelos afluentes também deve ser considerada, pois o acréscimo de vazões desses afluentes ao rio principal é considerável, e o material particulado inorgânico por eles transportado também o é (vide resultados para vazões e afluentes).

A diminuição em geral da variabilidade temporal das variáveis em relação ao ponto 3, talvez tenha sido resultante da ação de mecanismos estabilizadores, homogeneizadores da água a jusante, tais como: a diluição pelas águas de afluentes com maior estabilidade temporal das variáveis avaliadas. Ou seja, suas bacias, apesar de afetadas por atividades antrópicas, seriam mais estabilizadas pelo menor grau de interferência na ocupação e uso das águas, em relação à sub-bacia urbanizada do Rio do Monjolinho.

Ponto 6

Esse ponto drena águas provenientes do ponto 5 e que são conduzidas por um trecho bastante turbulento, devido ao afloramento de uma possível falha geológica de diabásio, com declividade média maior que a do trecho 4-5, o que provoca maiores velocidades em um leito cheio de blocos grandes de rocha. Existe nesse trecho uma mata ciliar degradada, além de não haverem afluentes com vazões expressivas, porém esses são em geral provenientes de áreas de agricultura intensiva e podem eventualmente introduzir concentrações elevadas de materiais provenientes dessas áreas.

Os mecanismos de aumento da turbulência no trecho 5-6, como a maior declividade e a presença de pedras grandes que aumentam em muito a rugosidade do leito, parecem ter sido os responsáveis pelos grandes aumentos dos valores do oxigênio dissolvido e da saturação em oxigênio, devido à maior reaeração física da água. O maior poder erosivo das águas no trecho, em conjunto com a pouca proteção

das margens, podem ter causado os grandes aumentos dos valores do material em suspensão (total, orgânico e inorgânico) e os aumentos, menos acentuados, dos valores da condutividade, alcalinidade, nitrogênio e fósforo totais, em relação ao ponto 5.

Os mecanismos turbulentos devem ter sido os responsáveis pela redução dos coeficientes de variação temporal do oxigênio dissolvido e da saturação em oxigênio, em relação ao ponto anterior, devido à tendência de se elevarem os valores dessas variáveis até próximo à saturação, ao final de trechos íngremes e turbulentos. Confirmou-se essa tendência ao final do trecho com corredeiras longo, que vai do ponto 5 ao ponto 7, bastando verificarem-se os resultados para essas variáveis no ponto 7.

A pouca diferença dos valores do coeficiente de variação temporal para a maioria das variáveis, do ponto 6 em relação ao ponto anterior, pode ter sido reflexo do provável menor tempo de trânsito das águas nesse trecho em relação aos trechos anteriores, além da pouca interferência dos pequenos afluentes durante essas coletas. Seria uma tendência inercial do trânsito da água no trecho. Uma excessão talvez sejam os valores da variabilidade temporal do material em suspensão orgânico, os quais indicaram um aumento mais expressivo entre os pontos 5 e 6, talvez relacionados à dinâmica de queda de material orgânico da mata ciliar adjacente.

Ponto 7

As águas coletadas no ponto 7 são aquelas provenientes do ponto 6, conduzidas em trecho mais íngreme da corredeira longa (5-7) e que recebem as águas do Córrego do Can-Can, com capacidade de vazão maior que dos outros pequenos afluentes próximos, e que drena área rural, com plantio predominante de cana-de-açúcar.

Os aumentos menos acentuados do oxigênio dissolvido, da saturação em oxigênio parecem ter sido função do trecho 6-7 ser curto, embora seguindo a tendência turbulen-

ta do trecho 5-6. Esse pareceu ser também o motivo das pequenas variações dos valores absolutos de diversas variáveis, que acrescido ao fato de ainda entrarem águas do Córrego do Can-Can no trecho, com qualidades diferentes do Rio do Monjolino, podem ser responsáveis pelos menores aumentos do material em suspensão (total, orgânico e inorgânico). Cabe aqui lembrar as possíveis diluições de material em suspensão na primeira coleta e de nitrogênio e fósforo totais nas duas primeiras coletas.

A grande redução dos valores de gás carbônico dissolvido em relação ao ponto 5, início da corredeira longa (5-7), parece estar demonstrando a influência da turbulência no aumento da velocidade de difusão de gás carbônico da água para a atmosfera. Como a alcalinidade média permaneceu praticamente invariável no trecho, houve redução dos valores da concentração hidrogeniônica, ou seja, aumento de pH no trecho, devido à retirada de gás carbônico das águas pela turbulência.

Como já comentado, a diminuição ainda maior da variabilidade temporal das variáveis relativas ao oxigênio pode estar confirmando a atuação estabilizadora no tempo, da turbulência nos trechos com corredeiras. As águas bastante oxigenadas do Córrego do Can-Can também devem ter contribuído para isso (vide resultados para afluentes).

A pouca mudança nos coeficientes de variação temporal da maioria das variáveis pode ser atribuída ainda à inércia da água nesse trecho curto (6-7) com excessão do nitrogênio e fósforo totais. A entrada aleatória de materiais das sub-bacias adicionais na região dos pontos 7 e 8, área de influência da usina de açúcar e álcool, pode ter sido a responsável, especialmente pela última coleta, pelos aumentos grandes da variabilidade temporal de nitrogênio e fósforo totais.

Ponto 8

É o ponto que drena as águas provenientes do ponto 7, que percorrem um pequeno trecho plano com alagados e

mata ciliar, início de um trecho plano longo (7-9), além de receberem e se misturarem às águas de afluentes de sub-bacias quase que totalmente ocupadas por atividades agrícolas e agro-industriais, como o Córrego da Serra, o qual provém de área de influência da usina de açúcar e álcool. Além disso, o trecho 7-8 está bastante próximo a lagoas de decantação de vinhoto, resíduo produzido na obtenção do álcool.

Nesse ponto, a redução média dos valores de oxigênio dissolvido e saturação em oxigênio pareceu estar associada a fatores diferentes tais como: respiração da biota lótica instalada no trecho com alagados e mata ciliar e/ou entrada de águas já com baixo conteúdo de oxigênio dissolvido, devido a processos de decomposição microbológica. A segunda hipótese é bastante forte para a explicação dos baixíssimos valores do oxigênio dissolvido no ponto 8, que associados às elevações bruscas de quase todas as variáveis referentes a materiais sólidos, indicaram entrada de águas bastante concentradas em materiais, no trecho 7-8. O pequeno tempo de trânsito entre 7 e 8 reforçou essa hipótese. Em estudos preliminares das águas do Rio do Monjolinho, o convênio EESC/DNAEE (1979) detetou no trecho, baixíssimos valores de oxigênio dissolvido e alta demanda bioquímica de oxigênio. Existem possibilidades de que sejam águas do Córrego da Serra com resíduos da usina de açúcar e álcool ou vinhoto despejado no Rio do Monjolinho, o que é provável ao se considerar que mesmo pequenas vazões de vinhoto carregam grande quantidade de sólidos, de matéria orgânica, de nitrogênio, de fósforo e de outros materiais (CENTURIÓN et al, 1983), que diluídos por maiores vazões do rio principal ou afluentes, mesmo assim aumentariam bastante os valores das variáveis ambientais, tais como os grandes aumentos acontecidos na última coleta para o material em suspensão, a condutividade, a alcalinidade, o nitrogênio total e o fósforo total.

Portanto, contrariamente à tendência de sedimentação de material particulado em trechos mais planos, cuja capacidade de transporte é menor, embora a velocidade das

águas pareça ser maior que no ponto anterior (vide resultados para aspectos morfométricos e hidráulicos do leito), a tendência aos grandes aumentos médios de material em suspensão (total, orgânico e inorgânico) e fósforo total, além do menor aumento do nitrogênio total, pareceu indicar entradas de águas mais concentradas em materiais, no trecho 7-8, seja por afluentes ou por despejo de resíduos diretamente no curso do rio principal.

Os grandes aumentos do coeficiente de variação temporal da maioria das variáveis ambientais, em relação ao ponto 7, devem estar associados à forte interferência antrópica na área de influência da usina de açúcar e álcool, cuja dinâmica de alterações na qualidade das águas do rio pareceu ser bastante aleatória.

Ponto 9

As águas coletadas no ponto 9 caracterizam-se por drenar as águas provenientes do ponto 8 que, mescladas às águas dos afluentes que drenam sub-bacias com maiores áreas ocupadas por vegetação primitiva ou em regeneração, escoam em trecho plano longo, por entre faixas de mata ciliar, ligações com lago e áreas alagáveis.

O tempo de trânsito das águas do rio nesse trecho (8-9) é provavelmente o maior entre todos os outros trechos escolhidos, com exceção do trecho 1-2 com barragens. Isso é devido ao maior comprimento e à baixa declividade do trecho. KARR e SCHLOSSER (1977) argumentaram que a capacidade de transporte de materiais particulados em um rio depende da velocidade das águas e da declividade do leito. No caso do trecho 8-9, a declividade do leito pareceu ser o grande diferencial em relação à maior capacidade de transporte de materiais particulados dos trechos com corredeiras, mais íngremes, já que a faixa de variação das velocidades da água entre os trechos pareceu ser estreita. Portanto, a baixa capacidade de transporte de materiais particulados e o maior tempo de trânsito das águas parecem ter permitido maior tempo de atuação do processo de sedimentação de mate-

rial particulado no trecho. A grande sedimentação observada pode ainda ter sido incrementada pela existência de troncos de árvores dispostos transversalmente ao leito, na parte final desse trecho e no início do trecho imediatamente seguinte (9-10), o que pode ter diminuído em muito o material transportado pelo rio (WEBSTER et al., 1987). Assim, em função desses fatores, notaram-se grandes decréscimos, em relação ao ponto 8, do material em suspensão (total, orgânico e inorgânico) e do nitrogênio e fósforo totais, que são variáveis com grande participação das formas particuladas.

Outra consequência do maior tempo de trânsito das águas nesse trecho, pareceu ter sido a forte redução dos valores do oxigênio dissolvido e da saturação em oxigênio. O maior contato temporal das águas do rio com as comunidades lóticas instaladas no leito e vizinhanças, pareceu favorecer a expressão dos processos respiratórios de manutenção da biota lótica e de decomposição do material orgânico, em suspensão ou dos sítios de sedimentação, ocorridos nos períodos noturnos, anteriores às coletas. A depleção de oxigênio dissolvido nas águas após transitarem por trechos planos e pantanosos com deposição de material orgânico no leito, foi relatada para alguns rios da região tais como: o Rio Itaquerí (MATHEUS e TUNDISI, op. cit.) e o Rio Jacaré-Pepira (MAIER, op. cit.).

Assim como também aconteceu nesses rios, os valores do pH no ponto 9 sofreram decréscimos em relação ao ponto anterior, devido aos aumentos de gás carbônico dissolvido, desenvolvido pelos processos de respiração e decomposição de matéria orgânica no trecho.

Os valores da alcalinidade praticamente se mantiveram em relação ao ponto anterior, induzindo-se assim a manutenção dos níveis de condutividade, os quais praticamente não se alteraram espacialmente, talvez devido à forte carga imposta pela entrada de esgotos urbanos no ponto 3, notando-se pequenas alterações por diluições, erosões ou ainda atuação biológica em alguns trechos. MATHEUS e TUNDISI (op. cit.) observaram reduções na condutividade das

águas, tanto do Ribeirão do Lobo, quanto do Itaqueri, após passarem por trechos com mata ciliar, porém essas alterações ocorreram em águas com condutividades médias uma ordem de grandeza inferiores às detetadas no trecho 8-9 do Rio do Monjolinho.

O notável aumento do valor médio da temperatura da água, em relação aos pontos anteriores, pareceu estar mais relacionado à diferença de horários de coleta entre os pontos 8 e 9, em torno de 45 minutos, geralmente em período de rápido aquecimento do ambiente atmosférico.

Com algumas excessões, as variabilidades temporais da maioria das variáveis ambientais no ponto 9, apresentaram menores valores em relação ao ponto anterior. Esta capacidade "amortecedora" do trecho 8-9, exercida sobre as grandes flutuações de valores de algumas variáveis ambientais, talvez possa estar relacionada a alguns fatores tais como:

1- a possível diminuição da variabilidade temporal do regime de vazões, em relação aos pontos de drenagem mais a montante, naturalmente muito variáveis no tempo (HYNES, 1970) e com grande incremento de flutuações aleatórias creditada à forte influência antrópica urbana existente no curso médio e superior do Rio do Monjolinho (vide resultados para vazões). Talvez isso possa ter garantido menores flutuações nas variáveis morfométricas e hidráulicas do leito no trecho, com repercussões na estabilidade das variáveis associadas, tais como: capacidade de transporte de material particulado, troca de gases dissolvidos e habitats para a biota lótica, por exemplo.

2- maior tempo de trânsito das águas, permitindo atuação intensa dos mecanismos físico-químico-biológicos do trecho, de forma que os valores de algumas variáveis ambientais estivessem sempre próximos a possíveis limiares, com pequenas flutuações no tempo.

Assim, as reduções da variabilidade temporal do oxigênio dissolvido na água e do gás carbônico dissolvido

na água, poderiam ser resultantes da tendência dos processos biooxidativos da respiração e da decomposição da matéria orgânica levarem os valores do oxigênio dissolvido à exaustão, e do gás carbônico a valores mais estáveis de supersaturação, ao final do trecho 8-9, já que no início das manhãs de coletas, certamente predominavam os processos heterotróficos da comunidade lótica.

No caso da grande redução dos coeficientes de variação temporal do material em suspensão (total, orgânico e inorgânico), o limiar ao qual as variáveis tenderam, parece ter sido o determinado pela capacidade de transporte de materiais particulados pelas águas do rio. A grande variabilidade temporal das concentrações de material em suspensão no ponto 8, provavelmente foi reduzida no ponto 9, devido aos processos físicos de sedimentação atuando durante o tempo de trânsito das águas no trecho, de forma a ficarem em suspensão apenas as concentrações próximas à capacidade de transporte das águas. KARR e SCHLOSSER (op. cit.) e WEBSTER et al (op. cit.) afirmaram que a capacidade de transporte de materiais pelas águas de um rio não é plenamente realizada caso não haja disponibilidade de materiais a serem transportados. Assim no caso do Rio do Monjolinho, a diferente disponibilidade de materiais durante as coletas demonstrou a não realização plena da capacidade de transporte do trecho 5-6 de modo geral, inclusive com maiores concentrações em vazões menores (comparar período intermediário de cheias com período característico de cheias), sendo daí talvez as grandes variabilidades temporais no trecho. Já o trecho 8-9, apresentou diferente disponibilidade de materiais no ponto 8, sempre acima da capacidade de transporte no trecho 8-9, daí a redução de coeficientes de variação temporal do material em suspensão no trecho.

A grande redução da variabilidade do fósforo total no trecho pareceu ser dirigida pelo comportamento de sua fração particulada. PRAIRIE e KALFF (1988) observaram entre os pequenos riachos estudados, que havia uma rápida exaustão das frações particuladas do fósforo em trechos de rios com declividades menores que 3%.

Ponto 10

É o último ponto de coleta das águas do Rio do Monjolinho, antes da confluência com o Rio Jacaré-Guaçu. Drena águas que, após saírem do ponto 9, continuam fluindo por um curto trecho plano (continuação do longo trecho plano 7-9), entram por corredeiras e terminam em um outro trecho plano pequeno.

Por ter pequeno comprimento, manifestaram-se nesse trecho tendências à manutenção dos valores das variáveis ambientais referentes ao material sólido. A inércia da água na manutenção de sua qualidade em curtas distâncias foi a causa disso. Porém, para os gases dissolvidos, a maior turbulência das águas nas corredeiras, elevou os valores do oxigênio dissolvido e da saturação em oxigênio, após drástica diminuição de seus valores ao final do trecho plano longo, e reduziu os altos valores do gás carbônico dissolvido obtidos no ponto 9. Como já explicado, pode-se atribuir isso ao aumento das velocidades de difusão dos gases entre a água e a atmosfera, devido à maior turbulência nesse trecho, em relação ao anterior.

Os coeficientes de variação temporal das variáveis ambientais tenderam em geral, por inércia, à manutenção dos seus valores em relação ao ponto 9. Já com os gases dissolvidos, a situação mostrou-se diferente, ou seja, houve tendência à redução da variabilidade temporal das variáveis referentes ao oxigênio e ao aumento da variabilidade temporal do gás carbônico. Aliás, isso pode ser percebido também no trecho longo com corredeiras (5-7), ou seja, redução dos coeficientes de variação temporal para o oxigênio e aumento para o gás carbônico. Sem contar com o fato de ter faltado a avaliação do gás carbônico dissolvido em uma das coletas, essa diferença de comportamentos nos trechos com corredeiras, talvez possa estar relacionada à cinética de transferência de gases entre a atmosfera e a água, diferenciada para o oxigênio dissolvido e o gás carbônico.

Efeitos imediatos das águas do Rio do Monjolinho nas águas do Rio Jacaré-Guaçu

Ao se observarem os valores das variáveis ambientais no Rio Jacaré-Guaçu, anteriormente à confluência com o Rio do Monjolinho (ponto J1) e posteriormente, após uma mistura mais efetiva entre as águas dos dois rios (ponto J2), após passarem por trecho bastante turbulento em corredeiras do Rio Jacaré-Guaçu, notaram-se expressivos aumentos das concentrações de quase todas as variáveis, devido à forte carga de materiais introduzida pelo Rio do Monjolinho no Rio Jacaré-Guaçu. MATTOS (1968), em estudo da variação longitudinal de diversas variáveis no Rio Jacaré-Guaçu, observou a elevação de diferentes variáveis referentes a materiais sólidos, em ponto de coleta a jusante da entrada das águas do Rio do Monjolinho.

Apesar das sempre maiores vazões do Rio Jacaré-Guaçu, notou-se ainda a transferência, ou mesmo a imposição, das variabilidades temporais das variáveis em geral, observadas no ponto 10 do Rio do Monjolinho, para o ponto J2 do Rio Jacaré-Guaçu.

Pelo menos imediatamente após a confluência com o Rio do Monjolinho, o Rio Jacaré-Guaçu foi submetido à qualidade das águas não totalmente auto-depuradas do Rio do Monjolinho, com alterações bastante bruscas na maioria das variáveis ambientais no ponto J2 em relação ao ponto J1. Apenas a temperatura da água, que não se modificou, nem nos valores médios, nem nos coeficientes de variação temporal, e as variáveis ambientais referentes ao oxigênio dissolvido, as quais foram submetidas aos mecanismos turbulentos das corredeiras no trecho J1-J2, foram as variáveis que pareceram ter influências mais fortes do Rio Jacaré-Guaçu.

5.2- Medidas de Metabolismo e de Variação Diurna de Nutrientes e Outras Variáveis em Trechos do Rio

A avaliação do metabolismo das comunidades lóti-

cas nos trechos TM1 e TM2, além da variação em 24 horas dos nutrientes dissolvidos e outras variáveis, mostrou diferentes comportamentos dessas variáveis, possivelmente devido à qualidade da água diferenciada nos dois trechos; às características hidráulicas e morfométricas do leito, à provável diferente composição da comunidade lótica fixa e/ou em trânsito no leito, às características qualitativas do substrato, à sensibilidade a variações climáticas (precipitações pluviométricas), etc.

Observadas as limitações e os problemas surgidos na aplicação do método de ODUM (1956) para o cálculo do metabolismo lótico, comentados por diversos autores indicados no item 3.2.3-a, pode-se dizer que, comparando-se os resultados obtidos para os dois trechos, algumas informações, quanto ao método e quanto aos resultados em si, puderam se destacar.

Quanto à utilização do método, duas parecem ter sido as principais fontes de erros. Ou sejam, o cálculo do coeficiente da taxa de reaeração (K) por equação preditiva, baseada nas características hidráulicas e morfométricas médias dos trechos, e a diferença dos valores do oxigênio dissolvido ($C_2 - C_1$) entre as estações de coleta, após o tempo de trânsito da água nos trechos em questão.

A equação escolhida para o cálculo de K, e sua correção em TM2, pareceu ser a mais próxima das situações reais ocorridas durante os períodos de coleta (item 4.3.4), porém como K é componente principal da taxa de reaeração (D) e essa é utilizada não só para se estimar a taxa de respiração média, como também entra no cálculo das taxas de produtividade primária em cada horário, julgou-se que caso o cálculo de K não corresponda à realidade, muitos erros podem ter se multiplicado durante os cálculos.

Outra fonte potencial de erros foi verificada para o trecho TM2, nos valores muito próximos de oxigênio dissolvido nas águas das duas estações de coleta. Isso dificultou, e acrescentou um grande grau de incerteza, na separação dos valores ($C_2 - C_1$) devida às atividades metabólicas no trecho.

Apesar do potencial de problemas apresentados, os resultados obtidos pareceram bastante razoáveis, talvez podendo ser considerados dentro da ordem de grandeza do metabolismo real ocorrido durante aqueles períodos de coleta.

Quanto aos resultados obtidos para as taxas de metabolismo notaram-se algumas diferenças básicas entre os dois trechos:

1- Houve grande atuação dos mecanismos difusivos da atmosfera para a água nos dois trechos, porém de forma diferenciada. No trecho TM1 a constante da taxa de reaeração (K) predominou sobre o pequeno déficit de oxigênio ($\bar{C}_s - \bar{C}$), sendo a reposição desse gás, acelerada pela turbulência gerada no escoamento da água em trecho raso. No trecho TM2, devido à maior profundidade e à qualidade de água, a constante da taxa de reaeração (K) foi baixa, sendo a difusão comandada pelo grande déficit de oxigênio ($\bar{C}_s - \bar{C}$) existente nas águas do trecho.

2- As taxas de respiração (R), ou melhor, de consumo de oxigênio, por metro quadrado, nos trechos foram elevadas, sendo o oxigênio consumido, quase que totalmente repostado por reaeração física e baixa produção fotossintética no trecho TM2, e não repostado totalmente pela relativamente maior reaeração física e maior produção fotossintética no trecho TM1. Os processos respiratórios ou de oxidação de material reduzido quimicamente, foram maiores no trecho TM1, a despeito da maior quantidade de material orgânico presente nas águas de TM2. Isso pode estar indicando maior retenção de material orgânico no trecho TM1, maior interação da comunidade lótica, fixada nesse trecho, com a água fluente (vide maior relação superfície molhada do leito/volume d'água escoado), pois os tempos de trânsito da água nos dois trechos se equivaleram. Além disso, a natureza arenosa do substrato pode ter permitido atuação da comunidade lótica fixada em profundidade, no leito do trecho TM1, nas águas intersticiais, as quais podem ter grande participação na avaliação do metabolismo lótico (GRIMM e FISHER,

1984). No trecho TM2, o substrato do leito tem maior quantidade de argilas, provenientes dos solos e rochas vulcânicas das vizinhanças, havendo assim uma menor porosidade e menor infiltração das águas no trecho, o que diminui a importância do metabolismo hiporreico no metabolismo lótico total.

3- Houve maior produtividade primária, ou melhor, maior produção autotrófica de oxigênio, por metro quadrado, em TM1, talvez devido à sua aparente maior riqueza da parte autotrófica da comunidade lótica, bem como principalmente pela maior transparência de suas águas, que permitiu quase sempre a penetração de luz em todo o leito. Sem contar as diferenças de luminosidade, não medidas, ocorridas nos dias de avaliação do metabolismo nos dois trechos, o trecho TM2 apresentou uma notável maior turbidez em suas águas, o que acrescida do sombreamento por árvores das margens, não permitiu maior penetração de luz nas águas do trecho e, apesar da maior quantidade de nutrientes dissolvidos, a produtividade primária foi quatro vezes menor que em TM1. Outro fator que pode ter contribuído para essas diferenças, incluindo as relativas à respiração, foi a possível inibição biológica de parte da comunidade lótica por elementos e substâncias carregados pelas águas do rio, as quais transportam esgotos urbanos, domésticos e industriais, resíduos agrícolas e agro-industriais. Essa possibilidade é bastante comentada nos trabalhos de HYNES (1971) e BRANCO (1986) e é provável que ocorra no Rio do Monjolinho, principalmente no trecho TM2, por esse estar à jusante das entradas de fortes cargas poluidoras no rio.

Quanto à magnitude dos valores obtidos nos dois trechos para o metabolismo em um ciclo diário, os valores de produtividade primária para os dois trechos, 1,092 g O₂/m².d (TM1) e 0,270 g O₂/m².d (TM2), estão entre os valores obtidos em trechos de rios montanhosos e florestados dos Estados Unidos da América (NAIMAN e SEDELL, 1980; MINSHALL et al, 1983) e da Austrália (CHESSMAN, 1985), tendo esses rios, em geral, baixo conteúdo de nutrientes em

suas águas e elevado grau de sombreamento pela vegetação adjacente. Se no trecho TM2 era de se esperar um valor baixo para a produtividade primária, devido à pouca penetração de luz em suas águas, apesar de seu conteúdo de nutrientes, o mesmo não era esperado para TM1, pois é um trecho totalmente aberto, sem sombra, com temperatura média das águas maior que as temperaturas dos rios estudados nos trabalhos citados, e com conteúdo de nutrientes ligeiramente superior àqueles, portanto com potencial autotrófico provavelmente superior. Afora uma possível subestimação devido às falhas do método, uma outra explicação parece ser provável, ou seja, a limpeza da represa a montante do trecho, no início do período de coletas, pode ter provocado durante sua onda de vazão um arraste de organismos perifíticos, reduzindo parte da comunidade autotrófica do trecho.

Os valores da taxa diária de respiração, de 32,976 g O₂/m².d (TM1) e de 19,296 g O₂/m².d (TM2), mostraram-se bastante superiores àqueles obtidos nos trabalhos citados, demonstrando a possível existência de grandes quantidades de matéria orgânica em decomposição microbiológica, armazenada no leito do trecho TM1, e de grandes quantidades de matéria orgânica em decomposição microbiológica, em trânsito e também possivelmente armazenada no leito do trecho TM2, além dos processos respiratórios de manutenção das comunidades lóticicas nos dois trechos. No caso do trecho TM2, os valores de material orgânico em suspensão e de condutividade no ponto 9, próximo ao trecho, confirmam o material em trânsito, sendo provável a deposição no leito, enquanto no caso de TM1, as matas adjacentes ao leito do rio, a montante do trecho, e as excreções do gado bovino e suíno presentes nas proximidades, são grandes fontes de material orgânico depositado diretamente no leito, ou quando de chuvas mais fortes que transportam o material depositado a montante, para o trecho TM1.

Tanto os valores da produtividade primária quanto os da taxa de respiração obtidos para os trechos em questão, mostraram-se bastante baixos quando comparados aos valores, ainda que preliminares, obtidos por DUDGEON (1983)

em ambiente tropical, cujas temperaturas médias da água superaram, mesmo à sombra, as obtidas para os trechos TM1 e TM2. Os valores obtidos por DUDGEON (op. cit.), em ambiente florestal de Hong-Kong, estiveram entre 27,628 a 67,362 g O₂/m².dia para a produtividade primária, e entre 66,240 e 159,048 g O₂/m².d para as taxas de respiração, com baixo conteúdo de nutrientes nas águas do rio estudado, exceto os níveis mais altos de fósforo inorgânico dissolvido, atribuídos à formação geológica da região, os quais junto aos valores de temperatura foram os responsáveis, segundo o autor, pelos elevados valores da produtividade primária obtidos.

ODUM (op. cit.) propôs um diagrama (P-R) para a classificação funcional das comunidades de acordo com o seu metabolismo total e relativa dominância da autotrofia ou da heterotrofia. Os valores obtidos para os trechos do Rio do Monjolinho ocupam posições no lado heterotrófico do diagrama, estando o trecho TM1 localizado em meio à seqüência de regeneração de um rio poluído por esgotos domésticos, enquanto o trecho TM2 encontra-se mais próximo ao início polissapróbico dessa seqüência. SILEN et al, in SERVAIS et al (1984), baseados no diagrama de ODUM (op. cit.) e tentando relacionar o estado trófico ao estado de aeração das águas, propuseram um diagrama (P-R) reduzido à constante da taxa de reaeração física (K), ou seja, um diagrama ($\frac{P}{K} - \frac{R}{K}$), estando os valores obtidos para o Rio do Monjolinho, ambos na região de baixa eutrofização ($\frac{P}{K} < 1$ mg O₂/l, amplitude diurna de variação do oxigênio dissolvido < 1 mg O₂/l), e em ordem crescente de poluição, de TM1 a TM2, posicionados no eixo $\frac{R}{K}$, entre os valores de déficit de saturação de oxigênio médio diário, respectivamente entre 2 e 4 mg O₂/l para TM1, e entre 6 e 8 mg O₂/l para TM2.

Quanto à variação diurna de nutrientes e de algumas outras variáveis ambientais nos dois trechos, apesar das ordens de grandeza das diferenças de valores entre as duas estações de coleta de cada trecho parecerem estar dentro das faixas de variação devido a erros experimentais, houveram aparentemente algumas tendências para o comporta-

mento de algumas variáveis.

No trecho TM1, considerando-se apenas o período para as medidas de metabolismo, pareceram corresponder às variações metabólicas observadas anteriormente, o consumo de nitratos no trecho, talvez parcialmente ligado à liberação de amônio, ocorrendo mais acentuadamente no período noturno, quando os níveis de oxigênio dissolvido foram os menores. Talvez isso seja consequência de metabolismo heterotrófico nos sedimentos, em profundidade inclusive, assim como o ocorrido no trabalho de GRIMM e FISHER (op. cit.), onde os sedimentos de um rio com substrato arenoso demonstraram grande capacidade de remoção de nitratos mesmo estando sob águas bastante oxigenadas e com baixo conteúdo de matéria orgânica. Outras variáveis ambientais que pareceram corresponder à variação diurna do metabolismo lótico nesse trecho, foram os fosfatos inorgânicos dissolvidos e os silicatos reativos ao molibdato, com aparente consumo no trecho durante o dia e liberação do trecho durante a noite. Isso é bastante provável, pois o fósforo é elemento limitante à produção primária e a sílica é largamente solicitada por algas diatomáceas (MARGALEF, 1983), e uma vez terminado o período iluminado, passariam a predominar a liberação de ambos os elementos no trecho pela predominância do metabolismo heterotrófico.

No trecho TM2, considerando-se apenas o período para as medidas de metabolismo, talvez o metabolismo autotrófico tenha sido menos percebido, pela sua menor magnitude frente ao metabolismo heterotrófico no trecho e pelas maiores magnitudes dos valores dos nutrientes dissolvidos nas águas do trecho, dificultando-se assim a observação de variações devidas aos organismos autotróficos. Porém, talvez parte do consumo de amônio durante o dia e do consumo de sílica durante alguns horários iluminados, possam estar indicando a atividade autotrófica. Parte do consumo de amônio no trecho, durante o dia, pode estar relacionado a processos microbiológicos de nitrificação, pois corresponderam a isso, liberações de nitratos e nitritos, havendo uma tendência à reversão dessas tendências no período noturno,

quando os sedimentos do leito devem ter ficado mais redutores. Um sinal do forte metabolismo heterotrófico no trecho, devem ter sido as liberações de fósforo inorgânico dissolvido durante quase todo o período de medidas metabólicas no trecho, bem como grande parte das variações da sílica reativa ao molibdato.

Grandes variações das variáveis ambientais nos trechos puderam ser observadas por eventos de ordem física, tais como os escoamentos superficiais provocados pelas fortes chuvas noturnas no trecho TM1, com rápida resposta de alteração de vazões e qualidade de água no trecho TM1, devido à pequena bacia drenada, e respostas com tempos, vazões e qualidades de água variadas, à forte chuva que "caminhou" ao longo da muito maior bacia drenada pelo trecho TM2, durante o dia.

Apesar da fragilidade das informações obtidas da observação da variação diurna de nutrientes dissolvidos nos dois trechos, devido talvez à não utilização de métodos mais adequados, ficou clara, junto às informações obtidas nos balanços diurnos de oxigênio, a ação de mecanismos biológicos na alteração da qualidade da água corrente, em associação com mecanismos físicos hidrodinâmicos, e químicos não abordados nesse trabalho. Com as informações obtidas do metabolismo total nos trechos não foi possível a separação da atuação da parte fixa no leito e da parte em trânsito com água, das comunidades lóticis. Porém, pelas características apresentadas suspeita-se que no trecho TM1 o metabolismo total tenha sido predominantemente da comunidade fixa (bentônica, epifítica, epilítica, hiporreica), enquanto no trecho TM2, a comunidade em trânsito (sestônica) deva ter desempenhado parte considerável do metabolismo total. PAUL et al (1989) avaliaram o metabolismo de um trecho de rio com baixo conteúdo de nutrientes, como sendo desenvolvido predominantemente pelo epilíton, ou seja, a comunidade fixada sobre as pedras do rio, enquanto o seston mostrou-se importante na absorção de ortofosfato.

As informações sobre a ciclagem de elementos em sistemas lóticis são de difícil compreensão, devido à ação

transportadora a jusante, imposta pela corrente d'água aos elementos envolvidos pelo meio aquático. Portanto, para um melhor entendimento das relações entre o metabolismo lótico e os elementos tais como: nutrientes dissolvidos, carbono orgânico, etc., bem como das relações desses com os mecanismos físicos de transporte e retenção dos rios, seria interessante a leitura dos trabalhos de NEWBOLD et al (1981, 1982a e b). Quanto à apreciação da participação dos componentes da comunidade lótica no metabolismo total, o trabalho de NAIMAN e SEDELL (op. cit.), bem como o de GRIMM e FISHER (op. cit.), complementado pelo de PAUL et al (op. cit.), trariam contribuições metodológicas significativas.

5.3- Modelo Conceitual do Rio do Monjolinho e Subsistemas da Bacia Hidrográfica

Baseando-se nas informações obtidas anteriormente, sobre as águas do Rio do Monjolinho, bem como de suas relações com a bacia hidrográfica, em comparação às águas de outros rios e suas respectivas bacias hidrográficas, evidenciaram-se alguns fatos que permitem uma primeira concepção desse sistema lótico.

Assim, a qualidade da água coletada em um ponto do rio, expressada pelas características físico-químico-biológicas das variáveis ambientais, seria por força da continuidade unidirecional da corrente d'água no leito do rio, resultante da qualidade da água coletada no ponto a montante, modificada por mecanismos físico-químico-biológicos do trecho de trânsito da água entre os dois pontos. É evidente a atuação de um vetor temporal, imposto pela corrente à variação espacial das variáveis ambientais, longitudinalmente no rio.

Os mecanismos modificadores da qualidade de água nos trechos do rio foram identificados, de um ponto de vista estático, inferidos pelos resultados desse trabalho, como sendo:

- 1- Características físicas do leito, tais como a

natureza do substrato (rocha, blocos de rocha, areia, argila, pedras, combinações, etc.) e características geomorfológicas no trecho (quedas, corredeiras declivosas, planos curtos, planos longos, etc.). Essas são características ligadas à evolução geológica, climática e geomorfológica da bacia hidrográfica e sua rede de drenagem. Como exemplos inferidos dos resultados desse trabalho podem ser citados: (a) a rugosidade do leito diferenciada para os trechos 8-9 (substrato arenoso) e 5-6 (substrato com blocos de rocha), cujo efeito na turbulência da água provoca trocas gasosas entre a água e a atmosfera diferenciadas nos dois trechos, (b) as diferentes capacidades de transporte de materiais particulados do trecho com corredeiras (5-6) e do trecho plano longo (8-9).

2- Influência ou mistura com águas de qualidade diferentes, seja por via subterrânea ou pela entrada de afluentes no trecho. Essas características estão relacionadas à interação de fatores climáticos, geológicos, geomorfológicos, pedológicos e de cobertura vegetal e/ou ocupação da área superficial da bacia, nas dinâmicas de drenagem (superficial, subsuperficial e em profundidade) da bacia e da consequente alteração das águas. A influência das águas subterrâneas no trecho das nascentes ao ponto 1, a entrada das águas dos Córregos da Água Quente e da Água Fria no trecho 4-5 e a entrada do Córrego do Can-Can no trecho 6-7, são exemplos disso, inferidos dos resultados obtidos.

3- Presença de vegetação nativa nas margens e encostas adjacentes ao leito. A vegetação nativa é fruto da evolução biológica dentro do espectro de evolução da bacia hidrográfica como um todo, e possui funções físicas estabilizadoras do leito, das margens e das encostas, bem como de regulação do ciclo hidrológico e de microclimas no rio e vizinhanças; é fornecedora de materiais para a comunidade lótica (retenção e alimentação) e reguladora de material dissolvido proveniente do subsistema terrestre, entre outras funções. Como exemplos de sua atuação nos trechos do

rio podem-se citar, a presença de mecanismos de retenção de materiais no trecho nascentes-ponto 1 e no trecho 8-9, a baixa flutuação temporal da temperatura da água no trecho nascentes-ponto 1 e no trecho 5-6, bem como os baixos valores médios nesses trechos.

4- Efeitos antrópicos nos trechos. A ação antrópica se manifesta na alteração drástica de todos os mecanismos de modificação físico-químico-biológicos citados anteriormente. Ou sejam, como exemplos disso: as entradas pontuais de materiais de origem antrópica no trecho 2-3 (esgoto urbano carreado por águas de outra bacia) e no trecho 7-8 (em área de influência de agro-indústria de açúcar e álcool); as entradas de materiais desestabilizados das margens e encostas não protegidas por matas, de áreas rurais e urbanas da bacia, para afluentes no rio principal, observadas durante os períodos posteriores às chuvas fortes, durante as medidas de metabolismo; as modificações na morfologia do leito através de barragens no trecho 1-2, observáveis nos valores de algumas variáveis ambientais ao final do trecho.

5- Comunidade biológica instalada no leito e/ou em trânsito com as águas no trecho. A ação modificadora da comunidade lótica nas variáveis ambientais mostrou-se mais clara nos trechos com maior tempo de trânsito da água, nos quais as modificações são mais perceptíveis, ou seja no trecho 1-2, onde há a presença de represas, e no trecho 8-9, trecho plano longo. Além disso as medidas de metabolismo e de variação diurna de nutrientes evidenciaram a ação biológica dessas comunidades na qualidade de água dos trechos. As comunidades lóticas ao longo do rio devem ser resultantes de todas as características modificadoras da qualidade da água nos trechos, citadas anteriormente, bem como de sua própria atuação longitudinal, ou seja, os organismos lóticos de um trecho seriam fatores, junto aos demais, de modificação da qualidade da água que iria atingir os demais organismos a jusante.

Cabe aqui ressaltar que muitos trechos do Rio do Monjolinho apresentaram combinações dos mecanismos modificadores da qualidade de água citados, tais como: o trecho 2-3, com corredeiras sem vegetação ciliar e fortes entradas de materiais de origem antrópica pontualmente; o trecho 4-5 com trecho plano, mata ciliar parcial e entrada de dois afluentes com qualidades de água diferentes entre si em relação ao rio principal; o trecho 9-10, parcialmente plano, com substrato arenoso e mata ciliar e parcialmente com substrato rochoso, em declive, sem mata ciliar.

A concepção do subsistema-rio é completada pela sua flutuação temporal, ou seja, através da observação das modificações dos valores das variáveis ambientais entre os períodos de coleta, para cada ponto.

Assim no caso desse rio, pode-se perceber que a flutuação temporal do sistema é composta pelo acoplamento da variação temporal de fatores com pouca e muita interferência antrópica respectivamente, tais como:

1- Regime climático tropical. As flutuações de temperatura do ar e precipitação são sazonais, sendo responsáveis pelo ritmo de maiores temperaturas da água e vazões nos períodos de grande precipitação e calor (cheia) e de menores temperaturas da água e vazões nos períodos de baixa precipitação e calor (vazante). Pode-se observar essas variações comparando-se as temperaturas da água entre os períodos característicos de cheia e vazante e entre os intermediários de cheia e vazante, com reflexos na solubilidade de gases, como o gás carbônico dissolvido, com grandes diferenças de concentração entre os períodos mais quentes e menos quentes. As flutuações rítmicas de vazões pode ser observada nas variações temporais no ponto 1, quando os valores do material em suspensão, do nitrogênio e fósforo totais foram maiores, indicando maior capacidade de transporte das maiores vazões de cheia, sendo a condutividade diluída nesse ponto, que drena trecho com proteção de matas ciliares, enquanto no período de menores vazões de vazante, houveram diminuições nos valores do material em suspensão,

do nitrogênio total e fósforo total, e aumento no valor da condutividade. No ponto 3, os maiores valores das concentrações de materiais transportados pelo rio, devido à entrada de esgotos urbanos pontualmente a montante do ponto nas menores vazões do período de vazante, em contraposição à diluição dessa fonte pontual de poluição pelas maiores vazões do período de cheia, são outro exemplo da ação da flutuação climática rítmica na variação das variáveis ambientais das águas do rio. Essas considerações sobre as vazões referem-se aos fluxos de base, devido aos reservatórios de água subterrânea, com maiores níveis nos períodos de cheia e menores níveis nos períodos de vazante. Os escoamentos superficiais e as ondas de vazão imediatas após as chuvas são também fatores de flutuação temporal do sistema, sendo as primeiras chuvas fortes do período intermediário, entre o período de vazante e o de cheia, bastante significativas para as alterações das variáveis ambientais no rio, já que são essas chuvas que removem a maior parte do material, acumulado na área da bacia durante o período de seca, quando pouco chove. Parte dos muito maiores valores do material em suspensão no período intermediário de vazante em relação aos obtidos no período característico de vazante parece ser devida ao arraste de materiais da área da bacia por uma chuva intensa no dia anterior à coleta, após muitos dias sem chuva.

2- Regime antrópico de uso da água. Caracteriza-se pela utilização, pelo sistema urbano, de águas retiradas em parte da própria bacia hidrográfica e em maior parte de outra bacia, sendo essas águas dispostas no Rio do Monjolinho com qualidade totalmente alterada após serem "processadas" na estrutura urbana. Provavelmente existe um ritmo diurno e sazonal da entrada de parte dessas águas no rio, devido à flutuação da demanda e consumo diferenciadas nos períodos mais quentes e mais frios, porém o uso industrial diversificado certamente impõe uma certa imprevisibilidade na liberação das águas processadas para os cursos d'água, seja diretamente, seja pela rede de esgotos, seja

pela rede pluvial. O ponto 3 é exemplo desse tipo de variação temporal.

3- Entrada aleatória de materiais transportados pelo rio. Trata-se da produção de resíduos antrópicos das mais variáveis naturezas relacionadas às mais variadas atividades urbanas e rurais, cuja disponibilidade e disposição efetiva nos cursos d'água se dá em tempos totalmente imprevisíveis, embora as atividades rurais, mais dependentes do clima, tenham uma certa previsibilidade. As formas e tempos de entrada desses materiais no rio são as mais diversas, tendo como exemplos, os resíduos urbanos dispostos sobre a superfície (lixo, resíduos de tráfego de carros, excreções animais, etc.) levados para o rio com as chuvas, o sistema de esgotos que conduz essa carga poluente a um ponto do rio, a disposição direta de efluentes industriais (agro-industriais) nos cursos d'água, a desestabilização de solos para construções urbanas e agricultura, lavados pelas chuvas para os rios, e a desestabilização das margens dos rios por desmatamento, sendo erodidas pela força das correntes, maiores ou menores conforme as vazões. Essa dinâmica antrópica aleatória foi observada nos maiores coeficientes de variação temporal das variáveis ambientais em geral, dos pontos 3 e 8 principalmente.

Como finalização da concepção de funcionamento do subsistema-rio, cabe aqui reforçar que os modificadores físico-químico-biológicos dos trechos do rio mostraram não só capacidade de alteração nos valores médios das variáveis ambientais, bem como nas suas variabilidades temporais (coeficientes de variação temporal), sendo exemplos fortes disso, a introdução de grande imprevisibilidade nos valores das variáveis ambientais nas águas do trecho 2-3, devido à dinâmica aleatória do metabolismo antrópico urbano, e a grande redução da variabilidade temporal das águas do ponto 8 ao passarem pelo trecho plano longo 8-9, devido prova-

velmente à atuação intensa de seus mecanismos físico-químico-biológicos até próximos a valores limiares das variáveis nas águas do trecho, em qualquer tempo. Além disso, as variáveis ambientais responderam de forma diferenciada à ação modificadora dos trechos devido à natureza múltipla de estados físicos (particulado, dissolvido, gasoso), químicos (iônico, neutro; reduzido, oxidado) e biológicos (vivo, não vivo) do material transportado e transformado, pelas interações entre si e com a água em trânsito, e pelas interações físico-químico-biológicas com o leito.

Apesar dessa grande complexidade e variação temporal apresentadas, além das limitações metodológicas do trabalho, as tendências e evidências permitem visualizar, de forma geral, os resultados obtidos em cada ponto, como sendo originados da interação da dinâmica de entrada de águas na rede de drenagem a montante, com a dinâmica de produção, disponibilidade e disposição de materiais em geral residuais diretamente nos rios, ou na área da sub-bacia drenada (superficialmente, sub-superficialmente ou em profundidade), acrescentando-se ainda as modificações impostas à qualidade da água por mecanismos físico-químico-biológicos do leito e vizinhanças do rio.

Do ponto de vista ecossistêmico, a bacia hidrográfica seria composta pelas comunidades vegetais, animais e microbiológicas desenvolvidas sobre as condições físico-químicas-biológicas do substrato terrestre, com os resíduos de seu metabolismo total, bem como o material abiótico, os propágulos biológicos, etc., sendo transportados pelas águas das chuvas para os corpos d'água, por escoamento superficial e subsuperficial e por infiltração em profundidade, na área da bacia. Os cursos d'água seriam envolventes, transportadores e processadores desse material terrestre e do material aquático produzido a montante. A comunidade lótica seria diferenciada longitudinalmente, capitalizando seu desenvolvimento sobre os materiais (aquáticos, terrestres ou atmosféricos) não aproveitados, ou produzidos e transportados de montante, além de ter necessariamente adaptações apropriadas às flutuações hidrodinâmicas e da

química da água.

Apesar desse trabalho não ter investigado especificamente a comunidade lótica ao longo do rio, as variáveis ambientais investigadas longitudinalmente e as medidas diurnas realizadas em dois trechos distintos do Rio do Monjolinho permitiram intuir algumas idéias sobre sua estrutura e função no ecossistema-rio.

Pelos resultados observados ficou a impressão de que no Rio do Monjolinho, mesmo que não houvesse interferência antrópica forte, não se poderiam aplicar totalmente os conceitos desenvolvidos por VANNOTE et al (1980), de estrutura e função da comunidade lótica como sendo originadas de um gradiente longitudinal de condições ambientais, das quais também participam, acoplado à evolução geomorfológica do perfil longitudinal do rio. A grosso modo, parece que haveriam trechos do Rio do Monjolinho com máximo aproveitamento dos recursos provindos de montante, pela comunidade lótica, havendo forte ação biológica na alteração da qualidade de água, que seria aproveitada pela comunidade a jusante. Exemplo disso poderia ser o trecho plano longo 8-9, com seu efeito amortecedor nas variações temporais das condições ambientais do rio, favorecendo o estabelecimento de comunidades estáveis. Haveriam ainda trechos com grande ação das forças hidrodinâmicas, tais como as corredeiras do trecho 5-6, que possivelmente seriam controladoras físicas dos organismos lóticos, instalados no trecho, sendo esses ainda pouco modificadores da qualidade de água no trecho. STATZNER (1987) defende esse ponto de vista, ou seja, de que as comunidades lóticas são mais física do que biologicamente controladas.

Porém, a forte interferência antrópica na Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho, detetada em diversos pontos do rio, faz supor que haja uma grande variação na combinação de fatores físicos, químicos e biológicos nos heterogêneos trechos em seqüência desse rio. Nem mesmo as conhecidas sucessões ecológicas longitudinais após a entrada de fortes cargas orgânicas pontualmente no rio (SCHÄFER, 1985; BRANCO, 1986), podem ser utilizadas como exemplo da

predominância de fatores biológicos na alteração concomitante das condições ambientais e da comunidade a jusante, mesmo porque essa concepção parece não prever alterações bruscas, trecho a trecho, das condições hidrodinâmicas, como ocorrem no Rio do Monjolinho, nem a interrupção de uma possível sucessão longitudinal por novas entradas de carga orgânica a jusante, como as ocorridas no trecho 7-8, próximo à usina de açúcar e álcool.

Portanto, quando se intenta utilizar da análise de estados ecológicos das águas de um rio para se inferirem os estados ecológicos da bacia hidrográfica (MARGALEF, 1986), e essa bacia apresenta fortes influências antrópicas na ocupação e utilização da área, bem como de suas águas, como a Bacia do Rio do Monjolinho, as perspectivas de pesquisa desenvolvidas nos trabalhos de SABATER et al (1989) e de LIMBURG e SCHIMIDT (1990), parecem ser mais promissoras.

SABATER et al (op. cit.) sugeriram dois procedimentos complementares: 1º) padronização de parâmetros ambientais (variáveis ambientais) pelo adimensional,

$$P'_i = \frac{P_i - P_{\min}}{P_{\max} - P_{\min}}, \text{ onde } P'_i = \text{valor da variável padronizada,}$$

P_i = valor medido da variável no ponto de coleta,
 P_{\min} = valor mínimo da variável obtido ao longo do rio,
 P_{\max} = valor máximo da variável obtido ao longo do rio.
 Essa padronização foi feita a fim de que se pudessem comparar as variáveis de diferentes naturezas, ponto a ponto do rio, tentando-se relacioná-las entre si e a processos ecológicos em curso nos trechos do rio, ou ainda a entradas externas ao rio principal tais como afluentes, pontos de poluição, ou ainda modificações nas condições hidrodinâmicas, tais como as causadas pelas represas.

2º) agrupamento de parâmetros de acordo com a sua natureza (fisiográfica, físico-química ou biológica) para aplicação da técnica estatística de análise multivariável de "componentes principais", tentando-se relacionar os primeiros componentes principais dos grupos entre si e aos

processos ecológicos, entradas externas e modificações ocorridas em cada trecho, longitudinalmente no rio, assim como no primeiro procedimento.

LIMBURG e SCHMIDT (op. cit.) no seu trabalho de identificação de padrões de desova de peixes nos diversos afluentes do Rio Hudson, próximo ao seu estuário junto à cidade de Nova Iorque (EUA), observaram uma forte correlação dos valores da variabilidade temporal (desvio padrão e coeficiente de variação) da saturação em oxigênio dissolvido das águas, com o grau de urbanização das bacias hidrográficas drenadas por esses afluentes. Esses autores argumentaram que as maiores variabilidades temporais da saturação em oxigênio nas bacias mais urbanizadas, podem estar relacionadas às crescentes frequências e variedades de perturbações que afetam essa variável, tais como: erosão devido a construções urbanas, escoamento superficial de áreas pavimentadas e alterações diretas nos leitos dos rios. Assim estariam eles sugerindo a hipótese de que, a frequência e a intensidade das perturbações (antropogênicas ou não) em uma bacia hidrográfica poderiam ser expressadas pela variabilidade em alguns parâmetros, os quais refletiriam o estado do sistema, tal qual o oxigênio dissolvido nesse caso.

Como reflexão para estudos mais apurados, além do questionamento sobre a validade de se utilizar da variabilidade do oxigênio dissolvido como indicadora das perturbações urbanas nas bacias hidrográficas, LIMBURG e SCHMIDT (op. cit.) ainda questionaram: 1- se a base de dados por eles utilizada era suficiente para essas conclusões, 2- se haveriam e quais seriam outros parâmetros que pudessem refletir uma resposta integrada ao nível de sistema total (bacia hidrográfica), 3- se esses parâmetros corresponderiam às predições generalizadas das respostas aos distúrbios antropogênicos (ODUM, 1985), e por fim, 4- se as crescentes variabilidades temporais de importantes parâmetros desse ecossistema poderiam ser aplicadas a outros sistemas e frente a outros tipos de perturbações.

De uma certa forma esse trabalho realizado no Rio do Monjolinho se utilizou parcialmente dessas duas perspec-

tivas de pesquisa, embora se reconheçam muitas limitações metodológicas e de base de dados. Porém, assim como SABATER et al (op. cit.), procurou-se observar as variações longitudinais de diversas variáveis ambientais no rio, relacionando-as sempre que possível entre si e com as modificações ecológicas impostas pelos trechos em seqüência contínua do rio, sendo a ligação do rio principal com a bacia hidrográfica feita através das chamadas "entradas externas" por aqueles autores, representadas pela entrada de afluentes que drenam as sub-bacias, pontos de poluição, etc.. Os procedimentos utilizados por LIMBURG e SCHMIDT (op. cit.), foram expandidos nesse trabalho no Rio do Monjolinho, tentando-se utilizar da variabilidade temporal não só do oxigênio dissolvido, bem como de outras variáveis ambientais, para se relacionar aos processos ocorridos na área da bacia hidrográfica. Devido à sensibilidade e comportamento diversos das variáveis ambientais, em resposta aos processos ocorridos no ambiente lótico e no ambiente terrestre, foi proposta uma ponderação das variabilidades temporais de cada variável para cada ponto de coleta, sendo os pesos atribuídos, os próprios valores dos coeficientes de variação temporal que, somados, conferiram um valor chamado de "estabilidade ambiental" em cada ponto do rio. Os resultados obtidos indicam uma certa relação com as atividades antrópicas em cada sub-bacia drenada, bem como uma ação modificadora nesses resultados em alguns trechos, como já visto.

Portanto, baseando-se nos resultados dos valores médios e variabilidades temporais das variáveis ambientais em cada ponto e sua variabilidade espacial longitudinalmente no rio, é proposta desse trabalho dividir a área da Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho em 5 (cinco) subsistemas terrestres de drenagem (Figura B.50), ou sejam:

Subsistema 1área de drenagem:

- área drenada pelo ponto 2

tipo de ocupação e atividades:

- rurais principalmente
- sub-urbanas
- presença de relictos de vegetação nativa, principalmente nas nascentes

outras características relevantes do trecho do rio:

- 3 pequenas barragens
- forte influência de águas subterrâneas

variáveis ambientais do rio:

valores médios: baixos, ligeiramente superiores aos padrões regionais de bacias de nascentes (O.D.: médio, inferior aos padrões regionais)

somatória dos coeficientes de variação temporal: baixa

Subsistema 2área de drenagem:

- complementar à anterior, com término após a entrada do Córrego da Água Quente

tipo de ocupação e atividades:

- predominantemente urbanas, com grande concentração humana

outras características relevantes do trecho do rio:

- corredeiras predominantemente, queda, pequena parte plana
- descargas de esgotos urbanos (doméstico e industrial)

variáveis ambientais do rio:

valores médios: altos (O.D. baixo)

somatória dos coeficientes de variação temporal: alta

Subsistema 3área de drenagem:

- complementar à anterior, com término de drenagem no ponto 6

tipo de ocupação e atividades:

- predominantemente rurais
- presença de relictos de vegetação nativa e mata ciliar degradada

outras características relevantes do trecho do rio:

- parte plana e corredeiras

variáveis ambientais do rio:

valores médios: diminuindo e aumentando em seqüência do ponto de drenagem do subsistema 2 ao ponto 6 (O.D. inclusive)

somatória dos coeficientes de variação temporal: diminuindo

Subsistema 4área de drenagem:

- complementar à anterior com término de drenagem no ponto 8

tipo de ocupação e atividades:

- predominantemente rurais com forte atividade agroindustrial (usina de álcool), além de atividade suburbana (Ibaté)

outras características relevantes do trecho do rio:

- pequena queda e parte plana
- entrada de águas com grande concentração de materiais

variáveis ambientais do rio:

valores médios: aumentando (O.D. diminuindo)

somatória dos coeficientes de variação temporal: aumentando bastante

Subsistema 5área drenada:

- complementar à anterior com término de drenagem no ponto 10

tipo de ocupação e atividades:

- predominantemente rurais
- presença da maior porcentagem de vegetação nativa da área da bacia hidrográfica

outras características relevantes do trecho do rio:

- plano predominantemente, ligação com lago e áreas alagáveis, pequena corredeira ao final

variáveis ambientais do rio:

valores médios: diminuindo bastante (O.D. aumentando)

somatória dos coeficientes de variação temporal: diminuindo bastante

Cabe aqui chamar-se novamente a atenção para a limitação dos resultados quantitativos obtidos nas águas do Rio do Monjolinho, e para a limitação da avaliação qualitativa dos níveis de ocupação e atividade antrópicas na área da bacia e na rede de drenagem, em função dos objetivos desse trabalho (uma primeira "noção ecológica" da bacia). Apesar disso, parece ter havido uma certa correlação entre esses resultados (quantitativos das águas do rio e qualitativos da área da bacia hidrográfica).

Assim, os comportamentos das variáveis ambientais das águas do rio (valor médio e variabilidade temporal) podem estar indicando subsistemas da bacia hidrográfica, cuja divisão de áreas estaria submetida aos diferentes graus de interferência antrópica na área da bacia e no leito do rio.

O Subsistema 1 apresentou menor intensidade de ocupação e atividades humanas, devido ao seu isolamento da área urbana adjacente promovido pela rodovia Washington Luiz, e ao planejamento urbano em anos anteriores que privilegiou a bacia das nascentes como passível de proteção especial (AGUIAR, 1988). Isso parece estar refletido nos, em geral, baixos valores médios e variabilidade temporal obtidos para as variáveis ambientais das águas drenadas no ponto 2 do Rio do Monjolinho.

O Subsistema 2, englobando a maior parte da ocupação e atividades urbanas da bacia, com sua dinâmica caõ-

tica e grande desperdício de materiais, talvez tenha encontrado paralelo nos altos valores médios e variabilidade temporal das variáveis ambientais das águas drenadas à saída da periferia urbana, incluindo a bacia do Córrego da Água Quente.

O Subsistema 3, devido à maior presença de vegetação nativa na área e pouca atividade urbana, parece ter tido maior expressão de mecanismos de recuperação da qualidade das águas do rio (diluição, sedimentação, aeração turbulenta), sendo talvez os resultados demonstrados principalmente na grande diminuição, com posterior aumento, dos valores médios das variáveis ambientais do rio, e na diminuição de sua variabilidade temporal, em relação aos resultados obtidos nas águas de drenagem do Subsistema 2 (urbano).

Após alguns sinais de recuperação da qualidade das águas do rio na saída de drenagem do Subsistema 3, os aumentos dos valores médios e principalmente da variabilidade temporal, observados nos pontos 7 e 8 do rio, podem ter correspondido aos altos níveis de atividade antrópica na área do Subsistema 4, do tipo agro-industrial, além da ocupação rural e suburbana (Ibaté), e da presença de lagoas de decantação de vinhoto próximas ao rio.

A grande diminuição dos valores médios e da variabilidade temporal, em geral, das variáveis ambientais das águas do rio, devem ter sido resultantes da maior presença de vegetação nativa ou em regeneração, na área do Subsistema 5 em relação a toda bacia hidrográfica, além da atuação prolongada dos mecanismos de depuração físico-químico-biológica ocorrida no plano longo, ligado a lagos e áreas alagáveis, seguido de corredeiras presentes no trecho final do Rio do Monjolinho, próximo à desembocadura

no Rio Jacaré-Guaçu.

5.4- A Bacia Hidrográfica como Unidade Ecológica de Estudos, Planejamento e Gerenciamento

5.4.1- Constatações Gerais

A síntese dos resultados desse trabalho mostrou que os estados ecológicos das águas do Rio do Monjolinho de certa forma refletem os estados ecológicos de sua bacia hidrográfica, nesse caso submetida a diferentes tipos e intensidades de ocupação e atividades humanas.

Anteriormente à ocupação humana mais intensiva, a bacia hidrográfica provavelmente era um sistema natural de evolução geológica, pedológica, geomorfológica e biológica mais lentas, em relação à escala de tempo da evolução humana, cuja quantidade, qualidade e "timing" de trânsito de suas águas de drenagem, deviam indicar, via ciclo hidrológico, a intensidade e dinâmica naturais dos processos físico-químico-biológicos de seus compartimentos aéreo, terrestre e aquático, em permanente interação.

A história da ocupação humana da área e o quadro mais recente mostram a transformação da Bacia do Rio do Monjolinho, de base natural de recursos para os seres humanos em apenas um substrato físico para a ocupação espacial e a acomodação de atividades antrópicas, cujas características principais são a concentração populacional, a importação de energia e matéria para o consumo, e para transformação e posterior exportação, com conseqüente geração excessiva de resíduos, desperdiçados e liberados na atmosfera e nos corpos d'água principalmente.

O sistema antrópico desenvolvido na área está praticamente desacoplado dos mecanismos naturais de auto-sustentação da bacia hidrográfica, talvez por alguns desses motivos:

1- a gestão do complexo sistema só-

cio-econômico-político humano, a qual tem importantes níveis de poder e decisão externamente aos limites da bacia, e pouca importância tem dado às questões ambientais,

2- o envolvimento que esse sistema estabelece sobre os cidadãos, principalmente os urbanos, provocando alienação em relação a questões importantes da sobrevivência, entre elas as ambientais,

3- a pouca compreensão dos processos ecológicos que regem a dinâmica ambiental, por falta de pesquisa científica,

4- a aparente pouca dependência de materiais e energia da bacia hidrográfica, pois esses são mobilizados de áreas mais distantes devido ao subsídio energético dos combustíveis fósseis ao transporte (ODUM e ODUM, 1981).

Esse desacoplamento só não é total devido à ocupação física desordenada da área da bacia, para a implantação das estruturas antrópicas (cidade, agricultura, etc.) e suas atividades, acompanhadas da destruição de ecossistemas que promovem a estabilidade ambiental. Esses ecossistemas nativos, evoluídos na área da bacia, seriam as matas (de encosta e ciliares), os cerradões, os cerrados, os sistemas aquáticos (lênticos e lóticos), cujas funções estabilizadoras seriam, a reciclagem mais eficiente de nutrientes, a proteção contra a erosão pluvial das encostas, e fluvial das margens dos rios, regulação térmica dos ambientes na bacia e regulação hidrológica das vazões, entre outras.

A perda da estabilidade ambiental, junto ao desperdício desse sistema antrópico, na área da bacia hidrográfica, tem correspondência na condução pelas águas correntes de grandes quantidades de materiais e nutrientes para fora da bacia hidrográfica, havendo sobrecarga nos ecossistemas aquáticos a jusante.

Embora a maior parte da população não perceba, devido ao seu baixo grau de informações e ao seu elevado

grau de alienação, essas perdas de materiais, de energia e de "serviços ambientais" dos ecossistemas nativos, e a extensão desses problemas aos sistemas a jusante da bacia, são na verdade prejuízos econômicos crescentes para si própria. O sistema econômico, que permeia a bacia hidrográfica e os sistemas naturais adjacentes, retorna ao conjunto social os custos de reposição permanente dessas perdas (adubação de solos empobrecidos, obras de recuperação de encostas erodidas, bombeamento de águas de outras bacias, etc.), via elevação de preços de matérias-primas, produtos e serviços.

Esta situação da Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho está de acordo com o modelo de separação dos níveis tróficos para os sistemas antropogênicos, apresentado por SCHAFER (1985), no qual o nível de consumo (heterotrófico) seria privilegiado nas cidades, estando as bases de produção primária mais distantes e a decomposição dos resíduos, dos detritos desse metabolismo, sendo realizada nos solos e principalmente nos rios a jusante. MARGALEF (1983) pondera que nos sistemas antrópicamente perturbados há maior movimentação horizontal dos recursos e resíduos materiais, em detrimento da ciclagem local, ou do movimento mais vertical, ou seja, haveriam maiores perdas de materiais, de nutrientes, nos sistemas desestabilizados por "stress" antropogênico (ODUM, 1985), sendo os rios os condutores principais dessas perdas.

Independentemente do grau de interferência antrópica nos sistemas naturais, fica aqui caracterizada a importância de se considerar a bacia hidrográfica como unidade de estudo, planejamento e gerenciamento, pois suas águas de drenagem superficial a definem geograficamente (BAUER, 1988) como um sistema ecológico mínimo, cuja interação entre seus compartimentos terrestre, aquático e aéreo têm principalmente a água como agente móvel de ligação, transportando e transformando materiais e energia (ODUM, 1983).

Assim, um processo de recuperação do Rio do Monjolinho passaria necessariamente pela recuperação de sua bacia hidrográfica, ambos sob a ótica de princípios ecoló-

gicos. Porém, isso talvez não seja fácil e rápido, pois o atual sistema antrópico que utiliza a bacia hidrográfica, carece de uma cultura ecológica que a compreenda e a reconheça como fundamental para a sua própria sobrevivência a longo prazo.

Portanto, para que a recuperação da bacia hidrográfica seja efetiva, e talvez mais econômica, a tarefa humana deva ser dupla, ou seja: (1) reconstituir a "memória natural" dos ecossistemas evoluídos na bacia e nela adaptados, de forma que retornem à autoregeneração à autosustentação e às funções ecológicas anteriormente citadas (MITSCH e JØRGENSEN, 1989), e (2) incorporar a dimensão ecológica à dinâmica do desenvolvimento humano (SACHS, 1986; TUNDISI, 1990), de forma que se controlem, a curto e médio prazo, os efeitos ecológicamente nocivos das sociedades expansionistas, e a longo prazo haja uma reestruturação dos sistemas humanos, em função da formação de cidadãos com uma nova ética, ecológicamente conscientes, agentes de mudanças de valores comportamentais e das atuais práticas econômicas e políticas.

É necessário que o nível de conhecimento sobre a bacia hidrográfica seja incrementado, através de pesquisas científicas que considerem os processos ecológicos imbricados com os processos sócio-econômico-políticos, e que as informações geradas sirvam de base às medidas de recuperação ecotecnológicas e à conscientização e participação da população local e regional, via programas de educação ambiental, assim como tem ocorrido nos projetos desenvolvidos na Bacia Hidrográfica do Ribeirão e Represa do Lobo (Broa) (TUNDISI, 1986, 1990).

As informações científicas obtidas de outras bacias hidrográficas podem auxiliar nos aspectos conceituais e aplicados do estudo da Bacia do Monjolino, se analisadas e adaptadas às características dessa bacia; porém não podem ser simplesmente copiadas, pois as bacias hidrográficas são bastante individualizadas (HYNES, 1971; BAUER, op. cit.). Assim, as informações sobre sistemas regionais que apresentem um mínimo de características naturais comuns com a Ba-

cia do Monjolinho, podem ser de grande importância e adaptabilidade às questões estudadas, podendo ainda, de forma recíproca, o entendimento dessa bacia ser aplicado aos sistemas próximos.

De forma resumida, deseja-se que a recuperação da Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho, apoiada em um sistema eficiente de geração, transmissão e utilização de informações científicas pelas comunidades locais e regionais, se realize através da execução coordenada de medidas (gerenciamento), que atendam a um planejamento ambiental, cujos objetivos sejam o desenvolvimento humano em bases racionais, compatibilizado com a evolução em direção à auto-sustentabilidade dos ecossistemas naturais.

A situação atual da Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho e a postura do sistema antrópico frente a ela, demonstram a distância em que se encontra a realização dos objetivos desejados, portanto a estratégia sugerida por SHIMAZU (1988) para o gerenciamento ambiental de bacias hidrográficas japonesas, parece ser a mais apropriada para essa situação.

Este autor defende que, ao contrário das "grandes políticas" de cima para baixo, com soluções envolvendo o uso de tecnologias caras, que não atingem plenamente as comunidades locais, sejam elaborados um planejamento e um gerenciamento ambientais que possam ser entendidos e executados por governos locais, adequados ao estilo de vida da comunidade e à vulnerabilidade da região, e nos quais seja mais importante "como operar e gerenciar" do que "quais equipamentos construir e utilizar". SHIMAZU (op. cit.) ainda sugere que o processo de tomada de decisões seja incremental, quase contínuo por pequenas partes, ao invés de tecnocrático, súbito e com sofisticação, da identificação dos problemas à execução de "soluções ótimas". Nesse caso o planejamento e o gerenciamento deveriam ser suficientemente flexíveis para se adequarem às mudanças de políticas ambientais, conforme o desenvolvimento dos níveis de compreensão, apreensão e utilização pela população local das informações ecológicas da bacia hidrográfica, obtidas pelas

pesquisas científicas.

Cabe ainda comentar que o uso de "tecnologias brandas" implícitas no trabalho de SHIMAZU (op. cit.), nem sempre são suficientes para a recuperação dos ambientes, especialmente nos locais onde os impactos da concentração populacional urbana e de atividades industriais possam ter conduzido os ecossistemas a níveis acima dos limites de recuperação natural da bacia hidrográfica (KIRA, 1988). Este exemplo pode ser aplicado à Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho, onde talvez sejam necessários o investimento, um pouco mais caro e concentrado no tempo, de recursos econômicos para o controle inicial das fontes de poluição e para o preparo da infra-estrutura de subsídio aos trabalhos futuros.

5.4.2- Sugestões Iniciais Direcionadas ao Planejamento e Recuperação Ambientais da Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho

Ressalvadas as limitações bastante comentadas ao longo deste trabalho, os resultados obtidos mostraram uma razoável consistência científica, além de revelarem ser promissora a perspectiva ecológica de análise da bacia hidrográfica.

Assim, devido à complexidade e tamanho das tarefas para a recuperação da bacia que emergiram desse trabalho, surge a necessidade de grande aprofundamento no estudo integrado das dinâmicas dos sistemas antrópicos e dos ecossistemas desenvolvidos na bacia hidrográfica.

Porém, de imediato, algumas sugestões para o início de um plano de recuperação da bacia a longo prazo podem ser feitas, baseadas nos atuais níveis de conhecimento. As sugestões que serão apresentadas a seguir, visam atender ao que parece ser mais urgente para o processo de recuperação dessa bacia hidrográfica, porém certamente não encerram todas as possibilidades iniciais. Isto, juntamente ao maior ou menor aprofundamento nos aspectos teóricos e/ou práticos

das medidas a serem apresentadas, deve-se às limitações de formação e informação deste autor.

As sugestões para o início de um plano de recuperação da Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho a longo prazo são as baseadas em princípios ecológicos (Tabela A.20):

a) Para a Recuperação dos Ecossistemas Nativos

Considerando-se:

(1) que os ecossistemas evoluídos na bacia hidrográfica, anteriormente à intervenção humana mais intensiva, tenham sido os agentes mais eficientes da "economia natural", ou seja, aqueles que mais eficientemente processavam o fluxo de energia e a ciclagem de materiais, além de se constituírem em estruturas de estabilização dos substratos (leito, margens, encostas) e de tamponamento das variações de origem climática (hidrológicas, térmicas);

(2) que estes "serviços ambientais" são fundamentais aos seres humanos;

(3) e que as soluções tecnológicas encontradas para o reparo dos problemas gerados pela degradação ou perda desses "serviços" são economicamente bastante caras e nem sempre eficientes do ponto de vista ecológico.

Cabe aos seres humanos tentar restabelecer ao menos alguns desses mecanismos ecológicos na suas formas e funções mais próximas possíveis das originais, a fim de se minimizarem os impactos ecológicos e custos econômicos de recuperação, a longo prazo na bacia hidrográfica. Na bacia hidrográfica são necessárias ações recuperadoras tanto nos corpos d'água, quanto na parte terrestre.

Os ecossistemas aquáticos, lóticos e lênticos, parecem ter rápida regeneração quando são removidas as perturbações tanto naturais (FISHER et al, 1982), quanto as de forte natureza antropogênica (BORMANN et al, 1974; SCHIN-

DLER, 1987). Porém, esta aparente maior resiliência, que talvez possa ser atribuída à grande capacidade colonizadora de uma maioria de organismos com ciclo de vida mais rápidos que os da parte terrestre da bacia (SCHINDLER, op. cit.), é dependente da resiliência dos ecossistemas terrestres que fornecem e regulam grande parte da entrada de materiais e energia nos corpos d'água (LIKENS e BORMANN, 1974; GURTZ et al, 1980).

Portanto, os ecossistemas terrestres desenvolvidos na bacia hidrográfica têm grande importância na diminuição das perdas de materiais e nutrientes para os sistemas aquáticos adjacentes e à jusante, seja:

(1) pela redução da erodibilidade dos solos que os compõem, devido à diminuição do impacto pluvial, pela interceptação das copas das árvores e estratos vegetais inferiores, e à coesão das partículas do solo promovida pelas raízes e ação química da matéria orgânica incorporada (BORMANN et al, 1969; LIMA, 1986);

(2) pela regularização e tamponamento do regime de vazões, devido ao maior escoamento subsuperficial e à maior evapotranspiração (LIMA, op. cit.);

(3) pela grande capacidade de retenção ou de armazenamento de nutrientes que pode ter a biomassa vegetal natural (BORMANN et al, 1969). Os sistemas florestais tropicais são considerados por PAYNE (1986) como grandes e importantes reservatórios de nitrogênio e fósforo, principalmente devido às grandes lixiviações e perdas de nutrientes que ocorrem em solos de áreas tropicais com grande pluviosidade.

Cabe ainda complementar que a recuperação dos ecossistemas lóticos pode, além do manejo da parte terrestre da bacia, ser bastante dependente do manejo dos canais dos cursos d'água alterados (retificados) em sua forma natural, tendo esse manejo que ser feito sempre posteriormen-

te à estabilização terrestre para ser efetivo (KARR e SCHLOSSER, 1977).

Portanto, de forma geral, como medidas iniciais de recuperação dos ecossistemas aquáticos da bacia hidrográfica são necessárias as remoções das perturbações antrópicas devidas às fontes de poluição pontuais (esgoto doméstico e industrial, resíduos agro-industriais), e as devidas às fontes de poluição não pontuais (erosão em áreas rurais, margens e leitos desestabilizados, etc.). Essas medidas podem ser imediatamente iniciadas por força da aplicação das leis em vigência (Constituições Federal e Estadual, Lei Orgânica dos Municípios, Código Florestal, etc.) que regulamentam o uso da água, a proteção de mananciais e dos ecossistemas em geral, representando isto um primeiro, mas ainda pequeno, reconhecimento formal da importância ambiental pela sociedade humana presente na Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho.

Analisando-se as características das águas do rio e da bacia hidrográfica que permitiram sua divisão em subsistemas, cabem medidas mais urgentes de controle de fontes poluentes pontuais nos Subsistemas 2 (esgotos urbanos, domésticos e industriais) e 4 (vinhoto e outros resíduos agro-industriais).

No Subsistema 2, a existência de um sistema coletor de esgotos e outro de águas pluviais permite a concentração de grande parte dos resíduos urbanos e a descarga pontual em locais definidos da rede de drenagem, causando impactos de natureza crônica (sistema de esgotamento) e de natureza eventual, quando das chuvas ou de lavagens clandestinas de materiais (sistema de águas pluviais). Em estudo de duas pequenas bacias na área do Subsistema 2, GOMES (1981) mostrou serem comparáveis os impactos das águas pluviais e do esgoto urbano na rede de drenagem, enfatizando a necessidade de se tratarem as águas escoadas na área urbana devidas às chuvas.

O sistema coletor de esgotos da cidade de São Carlos mistura materiais residuais do tipo doméstico e do tipo industrial bastante diversificados, já que as indús-

trias em operação na área do Subsistema 2 são dos mais diferentes tipos (metalúrgica, têxtil, alimentícia, etc.). A introdução desse esgoto misto no rio pode provocar reações químicas que produzam substâncias novas com efeitos desconhecidos, o que pode tornar impossível qualquer tipo de controle e saneamento em dimensões econômicas e tecnologicamente viáveis (SCHÄFER, 1985). Logo, talvez seja melhor separar-se os esgotos domésticos dos industriais, e estes entre si por tipo de indústria, tentando-se tratar os esgotos de acordo com a peculiaridade de suas composições, em sistemas menores, nos próprios locais de produção.

Poder-se-ia então, utilizar prioritariamente, sempre que possível, o tratamento de esgotos pela conversão dos resíduos em recursos reaproveitáveis para a(s) unidade(s) produtiva(s) em questão ou para a comunidade, conforme a qualidade dos resíduos, o resultado desejado e o processo tecnológico adequado à conversão. Assim poderiam se estabelecer novos elos de reciclagem de materiais nos próprios locais de produção, reduzindo-se perdas, custos de transporte e de tratamento, além dos níveis de poluição nos corpos d'água (MA e YAN, 1989).

No caso do problema do vinhoto, no Subsistema 4, cuja dimensão é grande e de difícil solução, o seu reaproveitamento através de processamentos adequados, como componente de adubos orgânicos, de meios de cultivo de algas e peixes, além de outras alternativas (OLIVEIRA, 1988) deve ser aprofundado.

Medidas como as descritas, que seguem os princípios da Ecotecnologia (JØRGENSEN e MITSCH, 1989) e visam harmonizar a dinâmicas dos sistemas antropogênicos com as dinâmicas ecossistêmicas, devem ser estudadas e aplicadas em todas as esferas das atividades humanas, do ambiente celular doméstico, aos mais complexos sistemas urbanos. Na atual conjuntura, essa harmonização parece ser vital aos seres humanos.

A remoção das perturbações antrópicas nas águas do rio, devidas às fontes não pontuais de poluição, passa necessariamente pela recuperação dos ecossistemas terres-

tres da bacia hidrográfica, tipificados pela estrutura diferenciada de vegetação (matas mesofíticas semidecíduas, cerrados, cerradões, matas ciliares, brejos, etc.). O quadro mais recente de cobertura da bacia hidrográfica por vegetação primitiva ou em regeneração (item 4.2.2-b) mostrou uma baixa proporção em relação à área total da bacia, muito menor do que é exigido por lei (Código Florestal), a qual pode ser utilizada como instrumento legal para a recuperação dos ecossistemas terrestres. Esses encontram-se bastante fragmentados na área da bacia, concentrando-se principalmente em locais considerados de preservação permanente pelo Código Florestal (encostas com declividade igual ou superior a 45° , margens de riachos e rios, etc.).

Esses fragmentos são relictos da biodiversidade regional dos ecossistemas terrestres outrora existentes na sua forma integral na bacia hidrográfica, e o conhecimento de seus padrões florísticos, fitossociológicos, de fauna associada e ecológicos em geral, é de extrema importância para os projetos de regeneração. Há carência de estudos desses padrões nos fragmentos da Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolino, porém estão disponíveis referências regionais desses padrões, nos estudos de grandes relictos desses ecossistemas terrestres realizados por OLIVEIRA e SOUZA (1977) no cerrado, por PAGANO (1985) em mata mesófila semidecídua, por MANTOVANI et al (1986) em mata ciliar, por GIANNOTTI (1988) no cerrado e na transição desse à mata ciliar, por KOTCHETKOFF-HENRIQUES (1989) em mata mesófila semidecídua. Informações adicionais podem ser obtidas na classificação de biótopos regionais por MORAES (1985).

Uma estratégia para a recuperação dos ecossistemas nativos deve se basear na preservação dos relictos locais da bacia e dos relictos regionais, uma vez que são eles as fontes de pólen, de sementes, de mudas, além de serem refúgio da fauna associada, dispersora de parte dessas sementes e do pólen. A diversidade dos componentes arbóreos de florestas tropicais, fundamental para a manutenção do equilíbrio dinâmico desses ecossistemas, tem nos animais (insetos, pássaros, mamíferos) importantes agentes de

transporte de pólen e sementes, que permitem a manutenção dessa variabilidade e que, participando também dos mecanismos de reciclagem de materiais e fluxo de energia, se constituem em importantes elos ecológicos móveis permitindo a continuidade do ecossistema (KAGEYAMA et al, 1986; VASCONCELLOS e MOTTA JÚNIOR, 1989).

Assim torna-se bastante importante não só o conhecimento de padrões ecológicos em geral de cada ecossistema primitivo do mosaico existente no passado (item 4.1.6), bem como o estado atual da estrutura e dinâmica dos fragmentos desses ecossistemas na bacia, a fim de que se possa manejá-los individualmente para que não se degradem, e coletivamente na paisagem da bacia hidrográfica, para que se integrem em corredores que auxiliem o fluxo gênico e a manutenção da variabilidade, através da migração da fauna polinizadora e dispersora de sementes (VIANA, 1990).

Os diferentes tipos de ecossistemas terrestres existentes na Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho têm diferentes níveis de resiliência, portanto devem ser diferenciadas as técnicas de regeneração em função disso (REIS, 1990). Como exemplos, os cerrados parecem apresentar maior resiliência que as matas ciliares e de encosta frente aos impactos do desmatamento, pois possuem em muitas de suas espécies componentes subterrâneos (rizomas), possivelmente desenvolvidos por seleção ao fogo, constituindo-se em mecanismos vegetativos de regeneração; portanto, enquanto as áreas de cerrado podem se regenerar rapidamente apenas com a proteção para que não haja mais desmatamento, muitas áreas de matas talvez só se regenerem com o auxílio do plantio de mudas.

Nesse caso da recuperação de ecossistemas de porte florestal (matas ciliares, de encosta, cerradões) as perspectivas apresentadas por KAGEYAMA et al (op. cit.) parecem ser bastante promissoras. Esses autores fizeram estudos para a compreensão dos mecanismos de reprodução das espécies de mata natural e sugeriram modelos para a implantação de espécies nativas na Bacia Hidrográfica do Rio Passa Cinco (Ipeúna/SP), baseados nos mecanismos de sucessão se-

cundária pelos quais as florestas tropicais se regeneram, e obedecendo a critérios de compatibilidade das espécies arbóreas entre si e de compatibilidade dessas com os seus polinizadores e dispersores de sementes, para a escolha das espécies a serem implantadas. As metas são a recuperação dos mecanismos de autosustentação e de autoregeneração desses ecossistemas e as estratégias são diferenciadas conforme a existência e composição de bancos de sementes nos solos, e a proximidade de fontes de sementes.

A estratégia de regeneração dos ecossistemas terrestres da Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho deve priorizar os locais mais instáveis sujeitos à erosão, cuja identificação espacial pode ter pistas na extensão à toda bacia dos mapas de erodibilidade existentes para a área urbana (AGUIAR, 1988). Em uma perspectiva espacial, os trabalhos de recuperação devem sempre se iniciar pelas posições topograficamente mais altas seguindo-se para as mais baixas posteriormente, e de montante para jusante nos ecossistemas ribeirinhos (BAUER, op. cit.). A formação de corredores entre os relictos (VIANA, op. cit.) deve ser o eixo do plano de recuperação dos ecossistemas terrestres da bacia, incluindo-se aí o aumento da arborização urbana, principalmente com espécies nativas, a fim de se diminuir o grau de isolamento imposto pela cidade aos relictos existentes no Subsistema 1 em relação aos restantes na bacia. Isso pode facilitar o fluxo gênico através da cidade, bem como aumentar a evapotranspiração e a infiltração das águas precipitadas, diminuindo-se assim a água escoada superficialmente, e retardando-se seu tempo de trânsito na área urbana devido à maior interceptação das copas das árvores.

Cabe por fim ressaltar que as soluções apresentadas não são milagrosas, como podem transparecer, e que podem ser necessárias a princípio, a utilização de diversas práticas silviculturais e agronômicas convencionais, bem como o auxílio de técnicas de engenharia, especialmente nos casos de grandes níveis de degradação dos relictos e dos solos que os compõe, localizados em locais de difícil operacionalidade, tais como as encostas com grande declive.

b) Para a Incorporação da Dimensão Ecológica ao Desenvolvimento Humano

No item anterior percebeu-se que a contemplação ambiental nas legislações federais, estaduais e municipais pode servir de instrumento legal para o início imediato da recuperação dos ecossistemas da bacia hidrográfica. Porém somente isso não é suficiente, mas um pequeno começo de uma tarefa muito mais ampla, que vai da compreensão do funcionamento integrado dos sistemas sócio-econômico-políticos com os ecossistemas, à aquisição de uma cultura e ética ecológico-humanistas pelas sociedades delas carentes, e à ação para a correção das distorções sociais e ecológicas da atualidade.

O processo de harmonização do desenvolvimento humano com o desenvolvimento dos ecossistemas dos quais participa, pode talvez levar a uma reordenação do espaço da bacia hidrográfica para melhor aproveitá-la em função de suas potencialidades e limites de uso, estabelecidas por suas características ecológicas (ODUM, 1969; HABER, 1990). Nesse contexto, seriam desejáveis práticas de caráter ecológico nas atividades urbanas (MA e YAN, op. cit.) e rurais (PRIMAVESI, 1984, 1986, 1988; PIMENTEL, 1989).

Outra perspectiva bastante interessante nessa direção é a desenvolvida por ODUM (1988), na qual princípios ecológicos do fluxo de energia nos ecossistemas são utilizados para a análise dos sistemas humanos, principalmente de seus aspectos econômicos. Nesse trabalho o autor critica os mecanismos econômicos de atribuição de valores e sugere uma forma mais justa para melhor se avaliar valores tais como, do trabalho humano, do comércio internacional, incluindo-se nessa avaliação os valores, nem sempre considerados, dos "serviços ambientais" e, sub-avaliados, dos recursos naturais fornecidos pelos ecossistemas aos seres humanos. Essa "moeda mais justa", a "transformity", é definida como a quantidade de energia de um tipo requerida por unidade de energia de outro tipo, e pode ser usada, segundo ODUM (op. cit.), como um fator energético de escala para as

hierarquias do universo. Como exemplo simples de fluxo de energia na biosfera, suponha-se uma cadeia alimentar simples produtor primário-consumidor, o sol como referencial energético e as seguintes relações energéticas: o produtor primário necessita de 1.000 joules de energia solar para a constituição do equivalente de 1 joule de sua biomassa, e o consumidor necessita de 2 joules de energia do produtor primário para a constituição do equivalente de 1 joule de sua biomassa. Portanto, ao se fazerem as conversões de utilização da energia solar (referência) em cada estágio da cadeia alimentar tem-se:

sol (referência) - 1 joule de energia solar/joule de
energia solar

produtor primário - 1.000 joules de energia solar/joule
de produtor primário

consumidor - 2.000 joules de energia solar/joule de con-
sumidor

Daí nota-se que 1 joule de cada componente da cadeia alimentar, embora de igual valor energético, tem valores bastante diferentes quanto à utilização de energia solar necessária para a sua constituição em biomassa. Esse novo sistema de valores, com base científica e ecológica, pode auxiliar de forma mais efetiva, na escolha pela Humanidade de alternativas de desenvolvimento mais compatíveis com as limitações de ordem ecológica.

Muitas dessas perspectivas apresentadas parecem ser cenários de um futuro utópico e distante, comparando-se com a atual conjuntura em que o aparente rumo de um caos ambiental parece ser subproduto da concentração de poder econômico e político, e do não atendimento de condições básicas mínimas de sobrevivência para a maior parte da população do planeta. Porém, ainda que desorganizadamente, alguns sinais de mudança são observados na crescente utilização de práticas de caráter ecológico nas atividades rurais

(PRIMAVESI, op. cit.) e também em áreas urbanas, tais como as experiências de cidades com planejamento ambiental, descritas por ODUM (1986). Isso é válido para as culturas ocidentais de desenvolvimento expansionista, pois muitas culturas indígenas e orientais vêm utilizando os princípios ecológicos há muito tempo, ao longo de suas histórias milenares.

A reversão desse quadro negativo depende da resolução de muitos conflitos de ordem econômica e política, que vão da escala local à planetária, porém somente a fermentação de várias experiências locais e a comunicação de seus resultados parece poder criar as condições de mudança em todos os níveis.

Dentro da estratégia de planejamento e gerenciamento ambientais de bacias hidrográficas, gradativas e flexíveis conforme o crescimento da conscientização dos seus habitantes (SHIMAZU, op. cit.), deve-se estimular o exercício da cidadania, além de ampliar a utilização de princípios ecológicos no dia-a-dia dos cidadãos, através da oferta e incentivo ao uso de opções de práticas de caráter ecológico já disponíveis e testadas em outros locais, tais como a reciclagem do lixo doméstico, a compostagem de resíduos agrícolas e/ou urbanos de origem orgânica (KIEHL, 1985), etc. Pelo atual modo de vida e de organização social, talvez sejam essas práticas de difícil aplicação de forma ampla no momento, porém juntamente com programas de educação ambiental (ecológica) que explicitem sua importância e esclareçam seu funcionamento, essas alternativas devam ser ofertadas, cabendo às pessoas, conforme suas possibilidades e desejos, experimentar, analisar e talvez criar adaptações às suas realidades.

Nesse sentido, na Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho podem-se iniciar vários desses propósitos, devido a vários fatos:

(1) a crescente preocupação, especialmente por parte das faixas mais jovens da população, com os problemas ambientais e a qualidade de vida;

(2) a crescente consciência dos direitos e deveres, e a necessidade de exercício da cidadania pela população, devido à recente democratização do país e elaboração de novas leis;

(3) a boa estrutura educacional e de pesquisa (escolas de 1º e 2º graus e universidades) existentes na cidade e o bom nível de escolaridade da população (item 4.2.2-a);

(4) a existência na cidade de vários centros de difusão cultural, e principalmente de um centro de divulgação científica e cultural de caráter multidisciplinar, ligado à universidade, reconhecido e utilizado pela população local e regional, como a CDCC (Coordenadoria de Divulgação Científica e Cultural do Instituto de Física e Química da Universidade de São Paulo);

(5) a tradição em educação ambiental na Bacia Hidrográfica do Ribeirão e Represa do Lobo (Broa), coordenada pelo Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (CRHEA) e auxiliada pela CDCC, com base em informações científicas geradas desde 1971, e com o envolvimento da população de São Carlos e região, especialmente professores e alunos de 1º e 2º graus da rede de ensino (TUNDISI et al, 1988a).

Portanto, com esses fatos favoráveis apresentados, o Rio do Monjolinho pode servir de "fio da meada", na descoberta, pela população local e regional, dos problemas ambientais da Bacia Hidrográfica, na identificação de suas causas e na proposição de soluções, podendo esse processo ser iniciado com um programa de educação ambiental apoiado nas informações já existentes, e a ser incrementado com a continuidade de pesquisa científica, envolvendo aspectos básicos e também aplicados dos processos antrópicos integrados aos processos ecológicos.

c) Para um Programa de Educação Ambiental (Ecológica) na Bacia Hidrográfica

Pelo que foi exposto anteriormente, os programas de educação ambiental para a população têm papel fundamental no processo a longo prazo de recuperação e manutenção da bacia hidrográfica em bases ecológicas.

Embora seja desejável que, na atual conjuntura, os mais variados programas sejam desenvolvidos e/ou aplicados, por inúmeras instituições existentes, à diversidade social (variadas faixas etárias, classes sociais, classes profissionais, etc.), cabe às instituições de ensino e pesquisa a responsabilidade maior de fazerem fluir as informações na rede educativa, e dessa ao ambiente doméstico de cada cidadão, no processo de sua educação formal. Isso se deve principalmente à vinculação que a rede de ensino tem, de uma forma ou de outra, com essa diversidade social, especialmente no caso da cidade de São Carlos.

Para um programa de educação ambiental eficiente e com bom conteúdo, são vantajosas as ramificações da rede de ensino, as quais podem atingir praticamente toda a população em atividade na bacia hidrográfica, além de ser também vantajoso o excelente suporte científico que pode ser proporcionado pelas diversas áreas universitárias existentes. Porém, cumpre superar alguns problemas, entre outros a baixa qualidade de ensino, especialmente de 1º e 2º graus, por descaso e má gerência dos poderes públicos; a própria concepção de aula na escola, onde os professores, donos do saber, se limitam apenas a falar e os alunos apenas ouvem (KRASILCHICK, 1986); as frágeis relações entre as universidades e os setores básicos da educação (1º e 2º graus); e a carência de uma perspectiva ecológica integradora na abordagem dos problemas ambientais, tanto nos aspectos básicos da pesquisa científica, quanto nos aspectos práticos da administração de suas soluções.

As soluções desses problemas dependem de muitos fatores, talvez de toda uma reestruturação sócio-econômica-política a longo prazo, porém a percepção e a

iniciativa individual dos profissionais de educação e pesquisa pode muito contribuir para a alteração do atual estado de coisas, cabendo a cada qual agir com o que está a seu alcance, dentro de sua capacidade e possibilidade de atuação, e de articulação com outros profissionais (CARVALHO, 1986; KRASILCHICK, op. cit.). Como exemplos têm-se entre outros: (1) a ação e articulação dentro de uma unidade escolar, com a mudança das relações autoritárias diretor-professor-aluno-funcionário e das relações escola-sociedade, além do auxílio da universidade mais próxima, em um programa amplo de educação ambiental (MELO, 1986); (2) a ação e articulação dentro de toda uma rede de ensino, com o subsídio da pesquisa científica desenvolvida por muito tempo em uma bacia hidrográfica com a abertura da estrutura universitária para o uso da população escolar, em um programa amplo e abrangente de educação ambiental regional (TUNDISI e SCHIEL, 1986).

Para o trabalho que ora se inicia na Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho, envolver a população local e regional na pesquisa integrada dos processos ecológicos e antrópicos, capacitando-as a serem agentes de novas formas de desenvolvimento (TUNDISI, 1990), talvez seja mais eficaz em um programa de educação ambiental que utilize a estrutura de ensino e pesquisa existente na bacia, do que o simples repasse de uma "realidade fragmentada" nas salas de aula, e na maioria das vezes de difícil compreensão para os alunos, pela distância que guarda de seus cotidianos.

Assim, como medida de curto prazo, parece ser bastante adequada a imediata integração da Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho ao esquema de funcionamento do trabalho de TUNDISI et al (1988a) na Bacia Hidrográfica do Ribeirão e Represa do Lobo (Broa), dada a operacionalidade desse e sua abrangência de quase toda a população de São Carlos, bem como a grande concordância de princípios, objetivos e métodos a serem aplicados na Bacia do Monjolinho. A participação dessa bacia nesse processo educativo é fundamental, pois boa parte da população alvo habita e se desenvolve em sua área, podendo o trabalho de educação ambiental

aí realizado, complementar e ampliar os resultados de conscientização obtidos pelo trabalho na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Lobo. Trata-se do estreitamento dos vínculos de entendimento e responsabilidade pelo encaminhamento das soluções dos problemas ambientais, que ocorrem na própria bacia hidrográfica que abriga essa população.

Propõe-se a manutenção do eixo dos trabalhos desenvolvidos na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Lobo, ou sejam, cursos para professores de Ciências e Geografia tendo como unidade de estudos a bacia hidrográfica; manutenção de um "Instituto Aberto" que permita o retorno desses professores com os seus alunos para a continuidade do trabalho de educação ambiental; trabalho centrado em observação, demonstração, atividades de campo, atividades de laboratório e discussões teóricas; curso teórico explicitando os principais conceitos sobre às bacias hidrográficas e seus mecanismos ecológicos de funcionamento; curso prático com excursões para observações, medições e coletas para posteriores análises em laboratório (TUNDISI e SCHIEL, op. cit.). A metodologia a ser utilizada para a Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho seria praticamente a mesma, porém com algumas sugestões de complementaridade ou alteração, tais como:

(1) incorporar à base científica de informações sobre a bacia, as contribuições de moradores antigos da cidade e região que presenciaram as alterações de ocupação e atividades humanas, que conheceram a vegetação, a fauna, os rios, enfim que tenham alguma informação histórica importante;

(2) tornar mais orgânica a participação de profissionais universitários de áreas diferenciadas, tanto nas partes teóricas dos cursos (palestras, aulas, etc.), quanto na equipe de monitoria e elaboração das atividades desses cursos, podendo essa equipe vir a constituir no futuro uma equipe interdisciplinar de estudos da bacia hidrográfica;

(3) aumentar a participação nos cursos não só dos organismos oficiais com atuação no campo ambiental (CETESB, DEPRN, Ministério Público, etc.), bem como dos não oficiais (APASC);

(4) propor como atividades dos alunos com os professores que freqüentaram os cursos, tendo como base o "Instituto Aberto", a extensão e aplicação dos conceitos e métodos aprendidos, nas subbacias em que se encontram suas escolas de origem, envolvendo-se assim diversos bairros e localidades da cidade e bacia hidrográfica, nessas atividades;

(5) mantendo-se sempre alguns pontos de coleta, variáveis ambientais e métodos, nas partes terrestres e aquáticas da bacia hidrográfica, propõe-se utilizar em cada curso, de forma comparativa, os dados levantados sobre a bacia nos cursos anteriores, acumulando-se assim uma base de dados e sua dinâmica temporal.

Quanto ao conteúdo, poderia se iniciar o programa de educação ambiental com as informações obtidas nesse trabalho de dissertação, porém com algumas diferenças básicas em relação aos trabalhos na Bacia do Lobo, ou sejam, menor base de dados, por tratar-se de uma primeira abordagem da Bacia do Monjolinho como unidade ecológica mínima de estudos, e maior ênfase em águas correntes, correlacionando-se a qualidade e quantidade das águas do Rio do Monjolinho em cada ponto de coleta, às sub-bacias e trechos anteriores drenados.

Os cursos para professores poderiam se basear na estrutura desse trabalho apresentado na Figura B.1. Uma excursão inicial poderia ser feita aproveitando-se a boa malha de vias de acesso a vários pontos da bacia, iniciando-se pelas nascentes do Rio do Monjolinho, descendo-se pelos pontos de coleta até a desembocadura no Rio Jacaré-Guaçu. Nos vários pontos de parada, observar-se-iam os estados atuais da parte terrestre da bacia e do leito do

Rio do Monjolinho, podendo-se ressaltar aspectos da Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Cobertura Vegetal e Ocupação e Atividades Humanas, sempre relacionando-os quando possível às possíveis conseqüências na rede de drenagem, da qual se poderia ressaltar, a princípio, aspectos mais visíveis das características morfométricas e hidráulicas do leito do rio, bem como aspectos qualitativos da água.

Como subsídio ao exercício e fixação de uma visão espacial de toda a bacia hidrográfica, tanto na excursão quanto posteriormente em sala de aula, poderiam se utilizar mapas topográficos da bacia, com algumas referências conhecidas (estradas, localidades, etc.), como o da Figura B.48, bem como outros mapas temáticos (Figura B.49, geológicos, pedológicos, etc.), além de fotos aéreas, estimulando-se ainda medições de áreas, comprimentos, declividades, etc.

A parte teórica dos cursos seria um aprofundamento do que fosse observado, medido e coletado no campo, procurando-se sempre considerar a evolução histórica das diversas características da bacia hidrográfica, sempre que possível relacionando-as à dinâmica da água nos compartimentos aéreo, terrestre e aquático da bacia. Assim, como blocos temáticos sugerem-se:

1) Conceituação de Bacia Hidrográfica: introdução teórica

2) Evolução da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho na Região (Geografia, Clima, Geologia, Geomorfologia, etc.)

3) Histórico da Ocupação e Atividades Humanas na Bacia do Monjolinho

4) O Rio do Monjolinho como Sistema Ecológico e como Instrumento de Diagnóstico da Bacia Hidrográfica: Conceitos e Metodologia

5) Sugestões para a Recuperação e Planejamento

Ambiental da Bacia do Monjolinho

Diferentemente dos trabalhos na Represa do Lobo, a constituição dos grupos, os quais desenvolveriam trabalhos a serem integrados na apresentação ao final dos cursos, seria feita em função da divisão dos 5 subsistemas da Bacia do Monjolinho, submetidos a diferentes graus de ocupação e atividades antrópicas. Assim, na parte prática, todos os participantes dos cursos poderiam realizar todas as atividades de laboratório, sendo cada grupo responsável pela coleta de dados em seus respectivos pontos de coleta no Rio do Monjolinho e seus subsistemas de drenagem.

As medidas em cada subsistema poderiam ser:

(1) na parte terrestre: tipos e áreas de vegetação primitiva ou em regeneração, tipos e áreas de uso rural, áreas urbanizadas;

(2) na parte aquática: esboço do perfil longitudinal de cada trecho, indicando-se os tipos de substrato e modificações do leito, avaliação de variáveis morfométricas e hidráulicas do leito (largura, profundidade média, área transversal, vazão, velocidade média), e de variáveis físico-químico-biológicas da água corrente (temperatura da água, oxigênio dissolvido, material em suspensão, condutividade, pH, alcalinidade, gás carbônico dissolvido, nitrogênio e fósforo totais), indicação de entradas de águas concentradas em materiais no Rio do Monjolinho através de condutos ou afluentes.

Por fim cabe ressaltar que a maioria das atividades desenvolvidas na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Lobo, com excessão das atividades na represa, podem ser desenvolvidas na Bacia do Monjolinho, principalmente quando a clientela dos cursos for de professores que não tenham frequentado os cursos no Broa. Muitas características das duas bacias são semelhantes e pouco se teria a adaptar na transferência de algumas atividades.

Por fim, estão previstos para os trabalhos na Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho, a produção de material para a informação e orientação nas atividades teóricas e práticas, a avaliação dos cursos pelos professores e a sua adequação aos currículos de Ciências e Geografia ministrados nas escolas.

d) Para a Pesquisa Integrada dos Processos Ecológicos e dos Processos Antrópicos na Bacia Hidrográfica

Esta sugestão refere-se ao aprofundamento dos estudos sobre o funcionamento atual dos sistemas humanos e dos sistemas ecológicos nativos ora desacoplados na bacia, visando a proposição de formas de recuperação, de integração, de harmonização. É um trabalho amplo, de longo prazo, com múltiplas facetas e que exige a aplicação de uma infinidade e diversidade metodológicas por equipes interdisciplinares. Porém, seguindo-se por uma dimensão simplificada desse complexo trabalho, uma análise ecológica holística dos fluxos de materiais e de energia nos compartimentos aéreo, terrestre e aquático da bacia hidrográfica, pode explicitar a distribuição de forças antrópicas nesses compartimentos e sua correlação com as outras forças naturais atuantes, não só nos fragmentos dos ecossistemas nativos, bem como nos próprios sistemas humanos.

Embora seja essa uma dimensão mais simplificada do trabalho maior, essa perspectiva de pesquisa ainda é bastante abrangente, e como uma simplificação maior ainda, sugere-se o aprofundamento dos estudos no sistema lótico como força diagnóstica dos estados ecológicos da bacia hidrográfica. Os resultados desse trabalho de dissertação apontam para essa direção de pesquisa, pois se esse tipo de estudos não supre diretamente as necessidades de pesquisa básica e aplicada para a recuperação de todos os sistemas em funcionamento na bacia, pelo menos pode prover uma visão ampla do que neles ocorre e pode orientar quais partes da bacia ou de seus sistemas devam ser melhor estudados e/ou

recuperados.

Portanto nesse sentido, talvez a análise ecológica das águas do Rio do Monjolinho possa servir para apontar os efeitos, para indicar os estudos mais aprofundados, e para monitorar os resultados das tentativas de harmonização, da dinâmica de funcionamento conjunto dos sistemas antrópicos e dos ecossistemas nativos nas diversas partes da bacia hidrográfica. Complementando esses objetivos principais, a constituição desse sistema de monitoria, para que seja duradouro, deverá: (1) ser razoavelmente barata para suportar cortes de orçamento em períodos de austeridade; (2) ser simples e confiável de forma a ser pouco afetada por mudanças de pessoal; (3) ter medidas bastante sensíveis às alterações nos ecossistemas (SCHINDLER, 1987).

Quanto à metodologia a ser utilizada, sugere-se a ampliação e algumas alterações na metodologia básica utilizada para esse trabalho de dissertação (item 3), no sentido de quantificar melhor os processos atmosféricos (climáticos), terrestres (geológicos, geomorfológicos, pedológicos, biológicos entre eles os antrópicos) e aquáticos (físico-químico-biológicos), bem como de melhorar a análise dos dados a serem obtidos.

No presente estudo preliminar sobre a Bacia do Rio do Monjolinho, na apresentação de um modelo conceitual desse rio (item 5.3), inferiu-se que os resultados, obtidos na análise das suas águas em cada ponto de coleta, seriam originados da interação da dinâmica de entrada de águas na rede de drenagem a montante, com a dinâmica de produção, disponibilidade e disposição de materiais em geral residuais diretamente nos rios, ou na área da sub-bacia drenada (superficialmente, subsuperficialmente ou em profundidade), acrescentando-se ainda as modificações impostas à qualidade da água por mecanismos físico-químico-biológicos do leito e vizinhanças. Sabe-se também que, os resultados refletiram o acoplamento dos ritmos naturais com a aparente aleatoriedade antrópica nos vários níveis de formação da qualidade da água coletada em cada ponto do rio, ou sejam, na entrada de águas, na entrada de materiais e nos modificadores fisi-

co-químico-biológicos dos trechos do rio.

Assim, julga-se que a correspondência observada entre a mudança no grau de atividades antrópicas em áreas da bacia e a alteração da intensidade e da variabilidade temporal de variáveis ambientais nas águas drenadas, possa ser melhor explicitada através da realização simultânea de um estudo comparativo, com padronização metodológica, de outra bacia hidrográfica regional, cujo nível de interferência antrópica seja baixo e o de integridade de seus ecossistemas primitivos seja elevado. Nessa bacia hipotética poderiam ser observadas faixas naturais de variação dos valores das variáveis ambientais, bem como seus padrões de "comportamento" espacial e temporal, conforme as características naturais dessa bacia, semelhantes às características primitivas da Bacia do Monjolinho (geológicas, geomorfológicas, pedológicas, etc.). Os possíveis padrões hidrológicos em interação com os padrões de produção e disponibilidade de materiais pelos ecossistemas nativos nessa bacia hipotética, poderiam servir de referencial para a separação dos fatores naturais e antrópicos, na formação da qualidade de água do Rio do Monjolinho.

Essa bacia hipotética não existe, porém muitas características geológicas, geomorfológicas, pedológicas, etc., podem ser encontradas nas redes de drenagem da região, submetidas ao mesmo regime climático, com menores níveis de atividades humanas e maior integridade dos ecossistemas nativos. Alguns exemplos podem ser buscados no trabalho de MAIER (1983) na Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré-Pepira, a qual apresenta menores taxas de urbanização em sua área. A sub-bacia do Ribeirão do Pinheirinho ou da Cachoeira é um exemplo de semelhantes características morfológicas da rede de drenagem com as da Bacia do Monjolinho, devido às mesmas formações geológicas, geomorfológicas e pedológicas.

Com o estudo comparativo de uma outra bacia hidrográfica ou não, para um próximo trabalho seriam interessantes e necessárias as seguintes modificações e/ou complementações metodológicas:

(1) quantificar as variações climáticas (pluviosidade, temperatura, intensidade luminosa) na bacia de forma mais pormenorizada durante o período de coletas;

(2) escolher e quantificar as variáveis indicadoras da ocupação e atividades humanas na bacia, assim como KIRA (1988), e dos outros padrões fisiográficos da bacia, assim como SABATER et al (1987);

(3) aumentar a frequência de amostragem nos pontos de coleta no rio, talvez os mesmos ou com pequenas modificações, baseando-se no ritmo climático local e no regime natural de vazões do rio, e na disponibilidade de materiais sobre a superfície terrestre da bacia hidrográfica. Assim a princípio, em uma amostragem durante um ano, deveriam-se concentrar as amostragens nos períodos, de transição de vazante à cheia, quando as primeiras chuvas arrastam materiais de origem antrópica ou não, acumulados na superfície durante o período de seca, e de cheia, quando a aleatoriedade das chuvas de verão é grande;

(4) incluir entre os pontos de amostragem as entradas de água com qualidade bastante diferenciada das águas próximas do rio, tais como a entrada de esgotos urbanos e do Córrego da Serra, bem como dos Córregos da Água Quente e da Água Fria;

(5) aumentar o número de variáveis ambientais das águas do rio, especiando-se as variáveis mais gerais, como por exemplo: diferenciação dos tamanhos de material em suspensão para se identificar padrões de retenção, utilização e transporte, diferenciação de espécies químicas em solução, etc.;

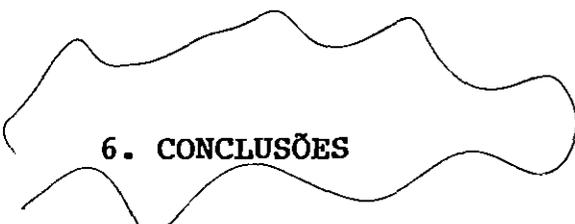
(6) introduzir variáveis biológicas integradoras de mudanças ambientais rápidas, tais como as comunidades perifíticas (WATANABE, 1990), através do estudo da colonização inicial de substratos suspensos nos vários pontos de

coleta no rio;

(7) quantificar melhor as variáveis morfométricas e hidráulicas do rio, medir melhor sua hidrodinâmica, e realizar as medidas no momento das coletas de água para análise de sua qualidade;

(8) incluir os valores absolutos das variáveis ambientais (concentração x vazão) na base de dados;

(9) para a análise dos dados, devido à grande quantidade que deve ser obtida, trabalhar com técnicas de Análise Multivariável (DAGNELIE, 1971), para melhor evidenciar as relações entre as variáveis entre si e as relações entre a dinâmica ecológica das águas do rio e de sua bacia hidrográfica (SABATER et al, 1989). Além disso, explorar melhor a perspectiva de pesquisa de LIMBURG e SCHMIDT (1990), que através da variabilidade temporal de variáveis ambientais da água pode diagnosticar os diferentes graus de atividades antrópicas na bacia hidrográfica, porém testando-se a sensibilidade das diversas variáveis, a serem estudadas, para este propósito e escolhendo-se as mais apropriadas.



6. CONCLUSÕES

1. O Rio do Monjolinho é um ambiente extremamente variável no tempo e no espaço, devido a características naturais e à forte influência antrópica exercida em suas águas.

2. Seu leito é heterogêneo longitudinalmente devido ao aumento progressivo da drenagem a jusante, em conjunto com a intercalação de trechos mais planos sobre substratos areníticos com trechos mais íngremes sobre substratos basálticos.

3. A qualidade das águas coletadas em cada ponto do rio deve-se à combinação da dinâmica de entrada de águas na rede de drenagem a montante com a dinâmica de produção, disponibilidade e disposição de materiais em geral residuais diretamente nos rios, ou na área da sub bacia drenada (superficialmente, subsuperficialmente ou em profundidade), acrescentando-se ainda as modificações impostas à qualidade de água por mecanismos físico-químico-biológicos do leito e vizinhanças do rio.

4. Os mecanismos modificadores da qualidade de água presentes no leito e vizinhanças do rio foram identificados como sendo:

- (a) substrato (arenoso, rochoso, etc.) e caracteres geomorfológicos (plano longo, corredeiras, etc.) diferenciados nos vários trechos longitudinalmente no rio;
- (b) entradas de águas subterrâneas e/ou afluentes nos vários trechos;
- (c) presença ou não de vegetação ciliar e/ou de encosta;
- (d) efeitos antrópicos (despejo de águas concentradas em materiais pontualmente, presença de barragens, etc.);
- (e) comunidade biológica em trânsito com as águas ou fixada nos trechos.

5. A flutuação temporal da qualidade das águas coletadas em cada ponto deve-se ao acoplamento do:

- (a) Regime climático tropical;
- (b) Regime antrópico de uso da água;
- (c) Entrada aleatória de materiais transportados pelo rio.

6. A Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho é naturalmente formada por vários mosaicos: geológico (arenitos, magmatitos, materiais inconsolidados), geomorfológico (colinas médias e amplas, escarpas, planícies aluviais, etc.), pedológico (latossolos, areias quartzozas, litólicos, etc.), cujas coberturas vegetais primitivas apresentavam-se também em mosaico (mata mesofítica semidecídua, cerradões, cerrados, etc.).

7. A história da ocupação humana na área da bacia

hidrográfica mostra uma acentuada diminuição e fragmentação dos ecossistemas primitivos por ação antrópica. Recentemente há predominância da cultura da cana-de-açúcar e da atividade agro-industrial sucro-alcooleira na porção centro-oeste da área da bacia, enquanto o centro-leste desenvolve-se a mancha urbana da cidade de São Carlos com grande concentração demográfica, industrial, processamento intensivo de materiais e energia, e grande produção de resíduos não tratados, em grande parte dispostos diretamente na rede de drenagem, com grande impacto em suas águas.

8. Existe uma certa correspondência entre os valores médios e variabilidade temporal das variáveis ambientais avaliadas nas águas coletadas longitudinalmente no Rio do Monjolinho, e os processos que ocorrem nas sub bacias drenadas. O comportamento dessas variáveis ambientais indicou de uma certa forma setores (subsistemas) da Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho, submetidos a graus variados de intervenção antrópica.

9. Nos pontos do Rio do Monjolinho correspondentes às drenagens de subáreas com intensa atividade e ocupação antrópicas (Subsistemas 2 e 4), os valores das variáveis ambientais da água e suas variabilidades temporais foram, em geral, altos, enquanto nas outras subáreas (Subsistemas 1, 3 e 5) os, em geral, menores valores médios e variabilidades temporais corresponderam não somente ao menor "stress" antropogênico, mas também à ação de mecanismos ecológicos de autodepuração da superfície da bacia (maiores porcentagens em área de ecossistemas terrestres primitivos ou em regeneração), e/ou do leito do rio (aeração turbulenta nas corredeiras, sedimentação nos trechos planos, absorção biológica, adsorção química, etc.).

7. SUMMARY

The main purpose of this research was the development of a minimal set of scientific informations about the Monjolinho Stream and its watershed, with ecological, holistic and systemic approaches, in order to be suggested, under these new perspectives, the research continuity and the beginning of a recovery process of the basic ecological functions of the watershed original ecosystems, besides the beginning of an environmental education plan for the local and regional population mainly.

The Monjolinho Watershed is located at the center-north region of São Paulo State (Brasil), being a 4th order drainage system with a dendritic pattern. It has 273 Km² of area and develops over some mosaics of geologic substracts (basaltic and arenitics rocks, holocenic sediments, etc.), of soils (latosol, sandy, lithic, etc.), of geomorphologic units (wide and median mounts, scarped relief, alluvial plains, etc.). The climate has tropical ritm and two characteristic periods: (1) a dry one, with less than 100mm of monthly pluviometric precipitation, from April to September, and coldest months (June/July) with mean temperatures between 17,5°C and 18°C; and (2) a wet one, with 140mm to 290mm of monthly pluviometric precipitation, from October to March, and warmest months (January/February) with mean temperatures between 22,5°C

and 23°C.

The expression of the original terrestrial ecosystems was formerly in the mosaic form, with the pedologic factor probably being the main one in the differentiation process of the vegetational coverage development. The human occupation history at the watershed area shows a drastic reduction and a progressive fragmentation of the original ecosystems. On the west side of the watershed, agro-industrial activities based on sugar cane culture (sugar and alcohol production) are predominant, besides the urban development of São Carlos city on the east side, with large demographic and industrial concentrations, and a heavy charge of residual material being disposed in the drainage network.

The anthropic dynamics on the watershed area expresses itself with large aleatoricity in the dynamics of water and material entries in the Monjolinho Stream, observable on the behaviour of the mean values and temporal variability of the water environmental variables (dissolved oxygen, suspended matter, conductivity, total nitrogen, total phosphorus, etc.) evaluated longitudinally in this stream. Thus, in the stream points corresponding the drainages of the subareas which have intense anthropic activities and occupation, the water environmental variables have, generally, high values, as well as high temporal variabilities, while in the other subbasins the smaller mean values and temporal variabilities correspond not solely the lesser anthropogenic stresses, but the action of the selfpurification ecological mechanisms of the watershed surface (larger area percentages of original terrestrial ecosystems) and/or of the stream bed (turbulent aeration in the rapids, sedimentation in the plains, biological absorption, chemical adsorption, etc.).

This diagnosis, that is the watershed submitted to different grades of anthropic interference, shows the transformation of this area of formerly natural resources basis in an area only used to accommodate the expansion of human systems and their activities, besides an almost total

detachment between these systems and the original ecosystems.

Then it is suggested the beginning of a long term recovery process of the watershed, based on ecological scientific research which considers the anthropic and natural processes interdependent, so that one may know the main ecological processes, the dynamics of human development, the generated problems of their apparent detachment and the possible solutions to harmonize them.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A.N. A Organização Natural das Paisagens Inter e Subtropicais Brasileiras. In: FERRI, M.G. (coord.) III Simpósio sobre o Cerrado. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda/EDUSP, 1971. 239p. p.1-14.

ACIESP. Glossário de Ecologia. São Paulo: ACIESP/CNPq/FAPESP/Secretaria de Ciência e Tecnologia, 1987. 271p. (Publicação ACIESP nº 57).

AGUIAR, R.L. Mapeamento Geotécnico da Área de Expansão Urbana de São Carlos-S.P.: Contribuição ao Planejamento. vol. 1 e 2. São Carlos: EESC, 1988. 127p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1988.

AHL, T. Background Yield of Phosphorus from Drainage Area and Atmosphere: An Empirical Approach. Hydrobiologia, v.170, 35-44, 1988.

ALMEIDA, C.L.F. et al. Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de Brotas. I Carta de Solos. Escala 1:100.000. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1981.

- ALMEIDA, F.F.M. Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista. B. Inst. Geogr. e Geol., São Paulo, n.41, 167-263, 1964.
- AMADOR, I.M. O Urbano de São Carlos: Vinte Anos de Política Urbana 1960/1980. São Carlos: EESC, 1981. 141p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1981.
- AMOROS, C. et al. A Method for Applied Ecological Studies of Fluvial Hydrosystems. Regulated Rivers, v.1, 17-36, 1987.
- BAUER, C.E. Environmental Management of Water Basins. In: TUNDISI, J.G. (ed.) Limnologia e Manejo de Represas. vol. I. Tomo 2. São Carlos: CRHEA-EESC-USP/ACIESP, 1988. 440p. (Série: Monografias em Limnologia). p.1-65.
- BENNETT, D.P.; HUMPHRIES, D.A. Ecologia de Campo. Madrid: Hermann Blume, 1978. 326p. (Série: Ciências de la Naturaleza).
- BISINOTTO, D.A. Evolução Urbana de São Carlos. São Carlos: EESC, 1988. 177p. Trabalho de Iniciação Científica - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1988.
- BJORNBERG, A.J.S.; TOLENTINO, M. Contribuição ao Estudo da Geologia e Águas Subterrâneas em São Carlos. Bol. Soc. Bras. Geol., São Paulo, v.8, n.2, 33p., 1959.
- BORMANN, F.H. et al. Biotic Regulation of Particulate and Solution Losses from a Forest Ecosystem. BioScience, v.19, n.7, 600-610, jul., 1969.
- _____. The Export of Nutrients and Recovery of Stable Conditions Following Deforestation at Hubbard Brook. Ecological Monographs, v.44, n.3, 255-277, 1974.

- BORTOLUCCI, A.A. Caracterização Geológico-Geotécnica da Região de São Carlos-S.P., a partir de Sondagens de Simples Reconhecimento. São Carlos: EESC, 1983. 67p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1983.
- BOTT, T.G. et al. A Comparison of Methods for Measuring Primary Productivity and Community Respiration in Streams. Hydrobiologia, v.60, n.1, 3-12, 1978.
- BOWIE, G.L. et al. Rates, Constants, and Kinetics Formulations in Surface Water Quality Modelling. 2.ed. Athens: Environmental Research Laboratory Office of Research and Development, 1985. 455p.
- BRAGA, C. Contribuição ao Estudo da História e Geographia da Cidade e Município de São Carlos do Pinhal. Almanach São Carlos, 1894, São Carlos, 1-52, 1894.
- BRANCO, S.M. Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária. 3.ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986. 640p.
- BRETAS, P.R.P. Ecologia e Economia. In: DUARTE, R. et al. Ecologia e Cultura. Belo Horizonte: Imprensa Oficial, 1983. 156p. p.75-82.
- BROBERG, O.; PERSSON, G. Particulate and Dissolved Phosphorus Forms in Freshwater: Composition and Analysis. Hydrobiologia, v.170, 61-90, 1988.
- BURCKHOLDER, J.M.; SHEATH, R.G. Characteristics of softwater streams in Rhode Island. I. A comparative analysis of physical and chemical variables. Hydrobiologia, v.128, 97-108, 1985.
- CAMARGO, J.F. Breve Notícia Histórica e Geográfica sobre a cidade e município de São Carlos. Almanach São Carlos,

1928, São Carlos, 18-155, 1928.

- CARDOSO, C.O.N.; TOLEDO, A.C.D. Compostagem de resíduos da indústria de açúcar e álcool. Copersucar-Reunião Técnica Agronômica, São Paulo, 48-52, abril, 1984.
- CARVALHO, L.M. Educação Ambiental. In: KRASILCHIK, M. (coord.) II Encontro "Perspectivas do Ensino de Biologia". São Paulo: FEUSP, 1986. 344p. p.113-118.
- CATHARINO, E.L.M. Florística de Matas Ciliares. In: BARBOSA, L.M. (coord.) Simpósio sobre Mata Ciliar. Anais. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 335p. p.61-70.
- CENTURIÓN, R.E.B. et al. Destinação final da vinhaça produzida por destilarias de álcool. Revista DAE, n.134, 107-134, set., 1983.
- CHARBONNEAU, J.-P.; RODES, M. Ecologia Social. In: CHARBONNEAU, J.-P. et al. Enciclopédia de Ecologia. São Paulo: E.P.U./EDUSP, 1979. 479p. p.423-452.
- CHESSMAN, B.C. Estimates of Ecosystem Metabolism in the La Trobe River, Victoria. Aust. J. Mar. Freshw. Res., v.36, 873-80, 1985.
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise de Sistemas em Geografia. São Paulo: HUCITEC/EDUSP, 1979. 106p.
- _____. Geomorfologia. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1980. 188p.
- _____. Geomorfologia Fluvial. vol. I. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1981. 313p.
- COLE, G.A. Textbook of Limnology. 2.ed. London: The C.V. Mosby Company, 1979. 426p.

- COPELAND, B.J.; DUFFER, W.R. Use of a Clear Plastic Dome to Measure Gaseous Diffusion Rates in Natural Water. Limnol. Oceanogr., v.9, 494-499, 1964.
- COSTA NETO, P.L.O. Estatística. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1977. 264p.
- CUMMINS, K.W. Structure and Function of Stream Ecosystems. BioScience, v.24, n.11, 631-641, nov., 1974.
- DAEE. Estudo de Águas Subterrâneas - Região Administrativa nº 6. vol. 2 e 3. São Paulo: Departamento de Águas e Energia Elétrica/FFCL-USP, 1974.
- DAGNELIE, P. Some Ideas on the Use of Multivariate Statistical Methods in Ecology. In: PATIL, G.P. et al (eds.) Many Species Populations, Ecosystems and Systems Analysis. London: The Pennsylvania State University Press, 1971. 462p. (Statistical Ecology vol.3). p.167-180.
- DAMACENO, A.G. et al. Estudo da Qualidade de Água do Monjolinho. São Carlos: EESC, 1971. 20p. Trabalho de Formatura - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1971.
- DEMATTE, J.L.I. Curso de Gênese e Classificação de Solos. 2ª Parte. Apostila. Piracicaba: Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz", 1985. 167p.
- DEPRN. Mapeamento de Vegetação Natural do Estado de São Paulo. Escala 1:50.000. São Paulo: Departamento Estadual de Proteção aos Recursos Naturais/SMA-SP, 1989.
- DER. Mapa Rodoviário. São Paulo: Departamento de Estradas de Rodagem/Secretaria dos Transportes-SP, 1987.
- DNAEE-EESC. Relatório do Convênio nº 35 - dezembro 1978.

vol. II. São Carlos: EESC, 1978.

DNAEE-EESC. Bacia Experimental do Rio Jacaré-Guaçú.
Convênio DNAEE-EESC. São Carlos: EESC, 1980. 113p.

DOWNING, A.L. et al. The Effect of Contaminants on the Rate of Aeration of Water. J. appl. Chem., v.7, 590-596, nov., 1957.

DREW, D. Processos Interativos Homem-Meio Ambiente. São Paulo: DIFEL, 1986. 206p.

DUDGEON, D. Preliminary measurements of primary production and community respiration in a forest stream in Hong Kong. Arch. Hydrobiol., v.98, n.3, 287-298, nov., 1983.

DUSSART, B.H. Some Comments on "Integrative" and "Specific" Properties of the Aquatic Environment. In: GOLTERMAN, H.L.; CLIMO, R.S. (eds.) Chemical Environment in the Aquatic Habitat. Amsterdam: Hollandsche Uitgevers Maatschappij, 1967. p.24-29.

EDINGTON, J.M. Some Observations on Stream Temperature. OIKOS, v.15, n.2, 265-273, 1965.

EESC/DNAEE. Relatório do Convênio nº 35 - julho de 1979. vol.1. São Carlos: EESC, 1979.

EITEN, G. A Vegetação do Estado de São Paulo. Bolm. Inst. Bot., São Paulo, n.7, 147p. jan., 1970.

ESALQ. Agrometeorologia. Apostila. Piracicaba: Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz", 1976. 152p.

FISHER, S.G.; LIKENS, G.E. Energy Flow in Bear Brook, New Hampshire: An Integrative Approach to Stream Ecosystem Metabolism. Ecological Monographs, v.43, 421-439, 1973.

- FISHER, S.G. et al. Temporal Succession in a Desert Stream Ecosystem Following Flash Flooding. Ecological Monographs, v.52, n.1, 93-110, 1982.
- FRIEDEL, H. As Grandes Leis da Biosfera. In: CHARBONNEAU, J.-P. et al. Enciclopédia de Ecologia. São Paulo: E.P.U./EDUSP, 1979. 479p. p.9-41.
- GARCIA, J.R. Determinação de Oxigênio Dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio dos Rios da Cidade de São Carlos. São Carlos: CDCC-IFQSC, 1988. Trabalho apresentado no 23º Congresso Jovens Cientistas.
- GASTALDINI, M.C.C. Análise do Mecanismo de Auto-Depuração do Rio Jacaré-Guaçu através do Modelo de Qualidade de Água. São Carlos: EESC, 1982. 160p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1982.
- GIANNOTTI, E. Composição Florística e Estrutura Fitossociológica da Vegetação de Cerrado e de Transição entre Cerrado e Mata Ciliar da Estação Experimental de Itirapina (SP). Campinas: UNICAMP, 1988. 222p. Dissertação (Mestrado em Biologia) - Instituto de Biologia, Universidade de Campinas, 1988.
- GOLTERMAN, H.L. et al. Methods for Physical and Chemical Analysis of Fresh Waters. 2.ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1978. 215p. (IBP Hand book n.8).
- GOMES, L.A. Aspectos Qualitativos das Águas Pluviais Urbanas. São Carlos: EESC, 1981. 105p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1981.
- GONÇALVES, A.R.L. Geologia Ambiental da Área de São Carlos. São Paulo: I.G.U.S.P., 1986. 138p. Tese (Doutoramento em Geologia) - Instituto de Geologia, Universidade de São

- Paulo, 1986.
- GOODLAND, R. Oligotrofismo e Alumínio no Cerrado. In: FERRI, M.G. (coord.) III Simpósio sobre o Cerrado. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda./EDUSP, 1971. 239p. p.44-60.
- GOULD, R.A. A idade da pedra lascada. In: SHAPIRO, H.L. (org.) Homem, Cultura e Sociedade. 3.ed. São Paulo: Martins Fontes, 1982. 470p. p.49-98.
- GREGG, W.W.; ROSE, F.L. The Effects of Aquatic Macrophytes on the Stream Microenvironment. Aquatic Botany, v.14, 309-324, 1982.
- GRIMM, N.B.; FISHER, S.G. Exchange between interstitial and surface water: Implications for stream metabolism and nutrient cycling. Hydrobiologia, v.111, 219-228, 1984.
- GURTZ, M.E. et al. Seston Dynamics in Southern Appalachian Streams: Effects of Clear-cutting. Can. J. Fish. Aquat. Sci., v.37, 624-631, 1980.
- HABER, W. Basic Concepts of Landscape Ecology and Their Application in Land Management. Physiol. Ecol. Japan, Kyoto, v.27 (special number), 131-146, mar., 1990.
- HALL, C.A.S.; MOLL, R. Methods of Assessing Aquatic Primary Productivity. In: LIETH, H.; WHITTAKER, R. (eds.) Primary Productivity of the Biosphere. New York: Springer-Verlag New York Inc., 1975. (Ecological Studies, v.14). p.19-54.
- HEIMSTRA, N.W.; Mc FAIRLING, L. Psicologia Ambiental. São Paulo: E.P.U./EDUSP, 1978. 218p.
- HEISER JR., C.B. Sementes para a Civilização. A História da Alimentação Humana. São Paulo: Companhia Editora Nacional/EDUSP, 1977. 253p.

- HENRY, R. Estrutura espacial e temporal do ambiente físico e químico e análise de alguns processos ecológicos na Represa de Jurumirim (Rio Paranapanema, SP) e na sua bacia hidrográfica. Botucatu: UNESP, 1990. 242p. Tese (Livre-Docência) - Universidade Estadual Paulista, 1990.
- HOLTAN, H. et al. Phosphorus in Soil, Water and Sediment: an Overview. Hydrobiologia, v.170, 19-34, 1988.
- HYNES, H.B.N. The Ecology of Running Waters. Liverpool: Liverpool University Press, 1970. 555p.
- _____. The Biology of Polluted Waters. Toronto: University of Toronto Press, 1971. 201p.
- IBGE. Carta Geográfica do Brasil. Folhas: São Carlos, Ibaté, Araraquara e Ribeirão Bonito. Escala 1:50.000. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1971.
- IVANCKO, C.M.A.M. et al. Distribuição Espacial de Várzeas no Estado de São Paulo. B. Cient. Inst. Agron., Campinas, n.2, 16p. e mapas, 1985.
- JØRGENSEN, S.E.; MITSCH, W.J. Ecological Engineering Principles. In: MITSCH, W.J.; JØRGENSEN, S.E. (eds.) Ecological Engineering. An Introduction to Ecotechnology, New York: John Wiley and Sons, Inc., 1989. 472p. (Environmental Science and Technology Series). p.21-37.
- JUNK, W.J. Amazonian floodplains: their ecology, present and potential use. Rev. Hydrobiol. Trop., v.15, n.4, 285-301, 1982.
- _____. et al. The Flood Pulse Concept in River - Floodplain Systems. In: DODGE, D.P. (ed.). Proceedings of the International Large River Symposium. Can. Spec. Publ.

Fish. Aquat. Sci., v.106, 110-127, 1989.

KAGEYAMA, P.Y. et al. Estudo do Mecanismo de Reprodução das Espécies de Mata Natural. In: KAGEYAMA, P:Y. (coord.) Estudo para Implantações de Matas Ciliares de Proteção na Bacia Hidrográfica do Passa Cinco Visando a Utilização para Abastecimento Público. Relatório de Pesquisa. Piracicaba: DAEE/FEALQ/ESALQ-USP, 1986. 236p. e mapas. p.103-228.

KARR, J.R.; SCHLOSSER, I.J. Impact of Nearstream Vegetation and Stream Morphology on Water Quality and Stream Biota. Athens: U.S.E.P.A, 1977. 90p. (Ecological Research Series).

KELLY, M.G. et al. Continuous Automated Measurement of Rates of Photosynthesis and Respiration in an Undisturbed River Community. Limnol. Oceanogr., v.19, 305-312, 1974.

KIEHL, E.J. Fertilizantes Orgânicos. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda., 1985. 492p.

KING, D.L. Sampling in Natural Waters and Waste Effluents. In: CIACCIO, L.L. (ed.) Water and Water Pollution Handbook. vol.2. New York: Marcel Dekker, Inc., 1971. p.451-481.

KIRA, T. Ecological Principles of Watershed Management - with emphasis on Eutrophication Control. Expert Group Workshop on River/Lake Basin Approach to Environmentally Sound Management of Water Resources. Otsu and Nagoya: UNCRD/ILEC/UNEP, 1988. 26p.

KITTRELL, F.W. A Practical Guide to Water Quality Studies of Streams. Cincinnati: Federal Water Pollution Control Administration - U.S. Department of the Interior, 1969. 135p.

- KOROLEFF, F. Determination of Nutrients. In: GRASSHOFF, K. (ed.) Methods of Seawater Analysis. Verlag. Chemic. Weinhein., 117-181, 1976.
- KOTCHETKOFF-HENRIQUES, O. Composição Florística e Estrutura de uma Mata Mesófila Semidecídua na Cabeceira do Rio Cachoeira, Serra de Itaqueri, Itirapina, SP. Campinas: UNICAMP, 1989. 121p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, 1989.
- KRASILCHICK, M. Educação Ambiental no Currículo Escolar. In: JALUKS, A.M.M. et al (orgs.) 2º Simpósio de Educação Ambiental. Anais. Santos: Instituto de Pesca/CPRN-SAA-SP, 1986. 153p. p.39-45.
- LAMPARELLI, M.C. Aporte de Serapilheira ao Rio Itaqueri (Itirapina, SP), e sua Contribuição à Economia de Nutrientes. São Carlos: UFSCar, 1989. 170p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos, 1989.
- LAPOIX, F. Uma Política Nacional do Meio Ambiente. In: CHARBONNEAU, J.-P. et al. Enciclopédia de Ecologia. São Paulo: E.P.U./EDUSP, 1979. 479p. p.358-417.
- LEOPOLD, L.B. Fluvial Processes in Geomorphology. San Francisco: W.H. Freeman and Company, 1964. 522p.
- LIKENS, G.E.; BORMANN, F.H. Linkages between Terrestrial and Aquatic Ecosystems. BioScience, v.24, n.8, 447-456, 1974.
- LIMA, W.P. Princípios de Hidrologia Florestal para o Manejo de Bacias Hidrográficas. Piracicaba: Departamento de Silvicultura, ESALQ-USP, 1986. 242p.

- LIMBURG, K.E.; SCHMIDT, R.E. Patterns of Fish Spawning in Hudson River Tributaries: Response to Urban Gradient? Ecology, v.71, n.4, 1238-1245, 1990.
- LORANDI, R. Caracterização dos Solos das Áreas Urbanas e Suburbanas de São Carlos e suas Implicações. Piracicaba: ESALQ, 1985. 181p. Tese (Doutoramento) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1985. ✓
- LYNCH, J.A. et al. Thermal alterations of streams draining clearcut watersheds: Quantification and biological implications. Hydrobiologia, v.111, 161-169, 1984.
- MA S.; YAN J. Ecological Engineering for Treatment and Utilization of Wastewater. In: MITSCH, W.J.; JØRGENSEN, S.E. (eds.) Ecological Engineering. An Introduction to Ecotechnology. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1989. 472p. (Environmental Science and Technology Series) p.185-217.
- MACKERETH, F.J.H. et al. Water Analysis: some revised methods for limnologists. Kendall: Titus Wilson and Sons Ltd., 1978. 117p. (Freshwater Biological Association Scientific Publication n.36).
- MAIER, M.H. Estudo da Variação Sazonal das Condições Físicas e Químicas ao Longo de um Trecho do Rio Mogi-Guaçu - Cachoeira das Emas, Estado de São Paulo. São Paulo: I.B.U.S.P., 1977. 102p. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 1977.
- _____. Geoecologia, Hidrografia, Hidroquímica, Clima e Processos Antrópicos da Bacia do Rio Jacaré-Pepira (SP). São Carlos: UFSCar, 1983. 219p. Tese (Doutoramento em Ciências) - Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos, 1983.

- MANTOVANI, V. et al. Composição Florística e Fitossociológica. In: KAGEYAMA, P.Y. (coord.). Estudo para Implantações de Matas Ciliares de Proteção na Bacia Hidrográfica do Passa Cinco Visando a Utilização para Abastecimento Público. Relatório de Pesquisa. Piracicaba: DAEE/FEALQ/ESALQ-USP, 1986. 236p. e mapas. p.34-102.
- MARGALEF, R. Ideas for a synthetic approach to the ecology of running waters. Int. Rev. Ges. Hydrobiol., v.45, 133-153, 1960.
- _____. Perspectives in Ecological Theory. Chicago: The University of Chicago Press, 1968. 111p.
- _____. Limnologia. Barcelona: Ediciones Omega S.A., 1983. 1010p.
- _____. Ecologia. Barcelona: Ediciones Omega S.A., 1986. 951p.
- MATHEUS, C.E.; TUNDISI, J.G. Estudo Físico-Químico e Ecológico dos Rios da Bacia Hidrográfica do Ribeirão e Represa do Lobo. In: TUNDISI, J.G. (ed.) Limnologia e Manejo de Represas. vol.I. Tomo 1. São Carlos: CRHEA-EESC-USP/ACIESP, 1988. 506p. (Série: Monografias em Limnologia). p.419-471.
- MATOS, I.S. Aplicação de um Modelo de Balanço Hídrico na Bacia do Rio Jacaré-Guaçú. São Carlos: SHS-EESC, 1987. 189p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1987.
- MATTOS, A. A Bacia Experimental. Caracterização Hidrológica. In: DNAEE/EESC. Bacia Experimental do Rio Jacaré-Guaçú. Convênio. São Carlos: EESC, 1980. 113p. p.9-28.

- MATTOS, A. Método de previsão de estiagens em rios perenes usando poucos dados de vazão e longas séries de precipitação. São Carlos: SHS-EESC, 1982. 182p. Tese (Doutoramento em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1982.
- MATTOS, E. Levantamento Físico-Químico das Águas do Rio Jacaré-Guaçú - SP. São Carlos: SHS-EESC, 1968. 47p. Trabalho de Pesquisa - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1968.
- Mc DONNEL, M.J.; PICKETT, S.T.A. Ecosystem Structure and Function along Urban-Rural Gradients: an Unexploited Opportunity for Ecology. Ecology, v.71, n.4, 1232-1237, 1990.
- MEADOW, R.H. A emergência da civilização. In: SHAPIRO, H.L. (org.) Homem, Cultura e Sociedade. 3.ed. São Paulo: Martins Fontes, 1982. 470p. p.117-175.
- MELO, M.G.S. Educação Ambiental no Currículo Escolar. In: JALUKS, A.M.M. et al (orgs.). 2º Simpósio de Educação Ambiental. Anais. Santos: Instituto de Pesca/CPRN-S.A.S.-S.P., 1986. 153p. p.52-55.
- MEYBECK, M. et al. Global Freshwater Quality: A First Assessment. Oxford: World Health Organization/Blackwell, 1989. 306p.
- MINSHALL, G.W. Autotrophy in Streams Ecosystems. Bio Science, v.28, n.12, 767-771, 1978.
- _____ et al. Interbiome Comparison of Stream Ecosystem Dynamics. Ecological Monographs, v.53, n.1, 1-25, 1983.
- _____ et al. Developments in Stream Ecosystem Theory.

Can. J. Fish. Aquat. Sci., v.42, 1045-1055, 1985.

MITSCH, W.J.; GOSSELINK, J.G. Wetlands. New York: Nostrand Reinhold Company Inc., 1986. 539p.

_____; JØRGENSEN, S.E. Introduction to Ecological Engineering. In: MITSCH, W.J.; JØRGENSEN, S.E. (eds.) Ecological Engineering. An Introduction to Ecotechnology. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1989. 472p. (Environmental Science and Technology Series). p.3-12.

MORAES, A.T.C.C. Biótopos na Área de Proteção Ambiental das Cuestas de São Pedro e Analândia. Rio Claro: IGCE, 1985. 179p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 1985.

MOURA, V.G. São Carlos do Pinhal na História. Concurso de Monografias. São Carlos: PMSC, 1967. 22p.

NAIMAN, R.J.; SEDELL, J.R. Relationships Between Metabolic Parameters and Stream Order in Oregon. Can. J. Fish. Aquat. Sci., v.37, 834-847, 1980.

NEVES, A.P. O Jardim Público de São Carlos do Pinhal. São Carlos: Fundação Theodoretto Souto/EESC, 1983. 136p.

_____. Informações históricas. São Carlos - Informe Especial Visão, São Paulo, p.2, 1989.

NEWBOLD, J.D. et al. Measuring Nutrient Spiralling in Streams. Can. J. Fish. Aquat. Sci., v.38, 860-863, 1981.

_____. Organic carbon spiralling in stream ecosystems. OIKOS, v.38, n.3, 266-272, 1982a.

_____. Nutrient Spiralling in Streams: Implications for Nutrient Limitation and Invertebrate Activity. Am. Nat.,

v.120, n.5, 628-652, nov., 1982b.

NIÉSTURJ, M.E. El Origin del Hombre. 3.ed. Moscu: Editorial Mir, 1984. 400p.

NIMER, E. Climatologia do Brasil. 2.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 422p.

NÓBREGA, M. História do Rio Tietê. 3.ed. São Paulo: Editora Itatiaia Ltda/EDUSP, 1981. 245p. (Reconquista do Brasil; nova série, v.44).

NOGUEIRA, M.G. Dinâmica das Populações Planctônicas e Fatores Físico-Químicos de um Pequeno Sistema Artificial Raso (Represa do Monjolinho, São Carlos-São Paulo). São Carlos: SHS-EESC, 1990. 244p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1990.

ODUM, E.P. The Strategy of Ecosystem Development. Science, v.164, 262-270, apr., 1969.

_____. Trends Expected in Stressed Ecosystems. Bio Science, v.35, n.7, 419-422, jul.-aug., 1985.

_____. Ecologia. Rio de Janeiro: Editora Guanabara S.A., 1986. 434p.

ODUM, H.T. Primary Production in Flowing Waters. Limnol. Oceanogr., v.1, 102-107, 1956.

_____. Trophic Structure and Productivity of Silver Springs, Florida. Ecol. Monogr., v.27, n.1, 55-112, 1957.

_____. Self-Organization, Transformity, and Information. Science, v.242, 1132-1139, nov., 1988.

_____; ODUM, E.C. Hombre y Naturaleza - Bases

- Energéticas. Barcelona: Ediciones Omega S.A., 1981. 319p.
- OLIVEIRA, H.T. Utilização da Vinhaça como Meio de Cultura para **Chlorella vulgaris**. São Carlos: UFSCar, 1988. 146p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos, 1988.
- OLIVEIRA, J.B.; PRADO, H. Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo. Quadrícula de São Carlos. II. Memorial Descritivo. Campinas: IAC, 1984. 188p. (Boletim Técnico, n.98).
- _____ et al. Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo. Quadrículas de Descalvado. Escala 1:100.000. Campinas: IAC, 1982.
- OLIVEIRA e SOUZA, M.H.A. Alguns Aspectos Ecológicos da Vegetação na Região Perimetral da Represa do Lobo (Brotas-Itirapina, SP). São Paulo: I.B.U.S.P., 1977. 369p. Tese (Doutoramento em Ciências) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 1977.
- OWENS, M. Measurements on Non-Isolated Communities. In Running Waters. In: VOLLENWEIDER, R.A. (ed.). A Manual on Methods for Measuring Primary Production in Aquatic Environments. 2.ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1974. 225p. (IBP Handbook n.12) p.111-119.
- PAGANO, S.N. Estudo Florístico, Fitossociológico e de Ciclagem de Nutrientes em Mata Mesófila Semidecídua, no Município de Rio Claro, SP. Rio Claro: Instituto de Biociências, 1985. 201p. Tese (Livre-Docência) - Departamento de Botânica do Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, 1985.
- PATTEN, B.C. (ed.) System Analysis and Simulation in Ecology. New York: Academic Press, Inc., 1971. 607p.

- PAUL, B.J. et al. An evaluation of the metabolism of sestonic and epilithic communities in running waters using an improved chamber technique. Fresh. Biol., v.21, 207-215, 1989.
- PAYNE, A.I. The Ecology of Tropical Lakes and Rivers. Chichester: John Wiley and Sons Ltd., 1986. 301p.
- PETROBRÁS. Mapa Geológico - Semidetalhe do Centro-Leste de São Paulo. Escala 1:100.000. Rio de Janeiro: PETROBRÁS, 1971.
- PIMENTEL, D. Agriculture and Ecotechnology. In: MITSCH, W.J.; JØRGENSEN, S.E. (eds.) Ecological Engineering. An Introduction to Ecotechnology. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1989. 472p. (Environmental Science and Technology Series) p.103-125.
- PMSC. Informativo do Gabinete do Prefeito sobre o Município de São Carlos. São Carlos: Prefeitura Municipal de São Carlos, 1989.
- PONÇANO, W.L. et al. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. vol.I. São Paulo: IPT, 1981. 94p. (IPT Monografias, 5).
- POPP, J.H. Geologia Geral. 4.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1987. 299p.
- POVINELLI, J. Contribuição ao estudo da constante de desoxigenação da equação da DBO. São Carlos: SHS-EESC, 1972. 141p. Tese (Doutoramento em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1972.
- PRADO JR, C. História Econômica do Brasil. 20.ed. São Paulo: Editora Brasiliense S.A., 1977. 364p.

- PRADO, J.B. et al. Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo. Quadricula de São Carlos. Escala 1:100.000. Campinas: IAC, 1981.
- PRAIRIE, Y.T.; KALF, J. Particulate Phosphorus Dynamics in Headwater Streams. Can. J. Fish. Aquat. Sci., v.45, 210-215, 1988.
- PRANDINI, F.L. et al. A cobertura vegetal nos processos e evolução do relevo: o papel da floresta. In: INSTITUTO FLORESTAL. Anais do Congresso Nacional sobre Essências Nativas. São Paulo: I.F.-C.P.R.N.-S.A.A.-S.P., 1982. 2010p. (Silvicultura em S. Paulo, v.16A. Edição Especial) p.1568-1582.
- PRIMAVESI, A. Manejo Ecológico dos Solos: a agricultura em regiões tropicais. 6.ed. São Paulo: Nobel, 1984. 549p.
- _____. Manejo Ecológico de Pastagens. 2.ed. São Paulo: Nobel, 1986. 184p.
- _____. Manejo Ecológico de Pragas e Doenças. São Paulo: Nobel, 1988. 137p.
- RAMADE, F. A agressão humana tradicional. In: CHARBONNEAU, J.-P. et al. Enciclopédia de Ecologia. São Paulo: E.P.U./EDUSP, 1979a. 479p. p.110-131.
- _____. A poluição. I. A difusão dos poluentes. In: CHARBONNEAU, J.-P. et al. Enciclopédia de Ecologia. São Paulo: E.P.U./EDUSP, 1979b. 479p. p.140-157.
- REID, G.K.; WOOD, R.D. Ecology of inland waters and estuaries. New York: Van Nostrand, 1976. 485p.
- REIS, A.O.A.M. Estudo e Implantação de Vegetação com espécies nativas arbóreas em Áreas Marginais a corpos

- d'água na Bacia Hidrográfica do Ribeirão e Represa do Lobo (Broa) - Itirapina-SP. Projeto de Convênio CRHEA-EESC/USP e IBt/SMA. São Carlos: CRHEA-EESC, 1990. 45p.
- RIBEIRO, D. (ed.) Suma Etnológica Brasileira. Edição atualizada do Handbook of South American Indians. vol.1 Etnobiologia. Petrópolis: Editora Vozes/FINEP, 1986. 302p.
- RODRIGUES, J.E. Estudo de fenômenos erosivos acelerados - boçorocas. São Carlos: EESC, 1982. 162p. Tese (Doutoramento em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1982.
- SABATER, F.; ARMENGOL, J. Chemical Characterization of the Ter River. Limnética, v.2, 75-84, 1986.
- _____ et al. Characterization de la Cuenca de un Rio Mediterraneo: el Ter. In: ASSOCIACION ESPAÑOLA DE LIMNOLOGIA. IV Congreso Español de Limnología. Actas. Sevilla: Departamento de Ecología - Universidad de Sevilla, 1987. p.155-164.
- _____. Measuring Discontinuities in the Ter River. Regulated Rivers: Research and Management, v.3, 133-142, 1989.
- SACHS, I. Ecodesenvolvimento - Crescer sem destruir. São Paulo: Vértice, 1986. 207p. (Terra dos Homens, n.1).
- SANTOS, S.A.M. Educação Ambiental através da Análise de Impactos de um Rio (Córrego do Gregório, Município de São Carlos-SP). São Carlos: CDCC-IFQSC, 1990. 27p. Relatório Final de Projeto de Pesquisa - Coordenadoria de Divulgação Científica e Cultural do Instituto de Física e Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1990.

SCHAFER, A. Fundamentos de Ecologia e Biogeografia das Águas Continentais. Porto Alegre: Editora da Universidade (UFRGS), 1985. 532p. (Livro-texto/28).

SCHINDLER, D.W. Detecting Ecosystem Responses to Anthropogenic Stress. Can. J. Fish. Aquat. Sci., v.44, supp. 1, 6-25, 1987.

SCHULZ, H.E. Investigaçãõ do Mecanismo de Reoxigenaçãõ da Água em Escoamento e sua Correlaçãõ com o Nível de Turbulência junto à Superfície. São Carlos: SHS-EESC, 1985. 299p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1985.

SCHUM, S.A. The Fluvial System. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1977. 337p.

SEPLAN. Plano Cartográfico do Estado de São Paulo Folhas: 055/82 a 055/86 e 056/82. Escala 1:10.000. São Paulo: Secretaria de Economia e Planejamento do Governo do Estado de São Paulo, 1979.

SERVAIS, P. et al. Annual cycle of gross primary production and respiration in the Viroin River (Belgium). Hydrobiologia, v.111, 57-63, 1984.

SETZER, J. Os Solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro: IBGE, 1949. 397p. (Publicaçãõ da Biblioteca Geográfica Brasileira, série A, n.6).

_____. Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo. São Paulo: Comissão Interestadual da Bacia do Paraná-Uruguai/CESP, 1966. 61p.

SHAPIRO, H.L. Origens do homem. In: SHAPIRO, H.L. (org.). Homem, Cultura e Sociedade. 3.ed. São Paulo: Martins Fontes, 1982. 470p. p.1-20.



- SHAPIRO, R. Origens. Lisboa: Gradiva - Publicações Ltda, 1987. 389p. (Coleção "Ciência Aberta", n.18).
- SHIMAZU, Y. 'Soft Approach' to Watershed Management: Case Histories in Japan with Special Focus on the Transferability of the Japanese Experiences. Expert Group Workshop on River/Lake Basin Approach to Environmentally Sound Management of Water Resources. Otsu and Nagoya: UNRCD/ILEC/UNEP, 1988. 40p.
- SIMONNET, D. O Ecologismo. Lisboa: Moraes Editores, 1981. 143p. (Problemas Sociais, n.32).
- SIOLI, H. The Amazon: Limnology and Landscape Ecology of Mighty Tropical River and its Basin. Dordrecht: Dr. W. Junk Publishers, 1984. 763p.
- _____. Amazônia. Fundamentos da Ecologia da Maior Região de Florestas Tropicais. Petrópolis: Editora Vozes, 1985. 72p.
- STATZNER, B. Characteristics of Lotic Ecosystems and Consequences for Future Research Directions. In: SCHULZE, E.D.; ZWÖLFER, H. (eds.) Potentials and Limitations of Ecosystem Analysis. Berlin: Springer-Verlag, 1987. 435p. p.365-390.
- _____.; HIGLER, B. Questions and Comments on the River Continuum Concept. Can. J. Fish. Aquat. Sci., v.42, 1038-1044, 1985.
- STRAHLER, A.N.; STRAHLER, A.H. Environmental Geoscience: Interaction Between Natural Systems and Man. Santa Barbara: Hamilton Publishing Company, 1973. 574p.
- STRICKLAND, J.D.; PARSONS, T.R. A Manual of Seawater Analysis. Bull. Fish. Res. Bel. Can., v.125, 1-185, 1960.

- STUMM, W.; MORGAN, J.J. Aquatic Chemistry. An Introduction Emphasizing Chemical Equilibria in Natural Waters. 2.ed. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1981. 780p.
- TEIXEIRA, C. et al. Plankton studies in a mangrove. II. The standing-stock and some ecological factors. Bolm. Inst. Oceanogr., São Paulo, v.24, 23-41, 1965.
- TERRAFOTO. Levantamento Aerofotogramétrico para a Avaliação das Plantações de Cítricos no Estado de São Paulo. Obra 584: Faixa 37 (n.34-n.38), Faixa 38 (n.27-n.31), Faixa 39 (n.27-n.33). Escala 1:40.000. São Paulo: TERRAFOTO S.A. - Atividades de Aerolevramento, 1988.
- THOMAS, K. O Homem e o Mundo Natural. Mudanças de Atitude em Relação às Plantas e aos Animais (1500-1800). São Paulo: Companhia das Letras, 1988. 454p.
- THOMAZ, S.M. Influências do regime hidrológico sobre algumas variáveis limnológicas de diferentes ambientes aquáticos da planície de inundação do Alto Rio Paranã, PR, Brasil. São Carlos: UFSCar, 1990. 289p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos.
- TOLENTINO, M. Estudo Crítico sobre o Clima da Região de São Carlos-SP. Concurso de Monografias. São Carlos: PMSC, 1967. 78p.
- _____ et al. Estudo Morfométrico das Bacias Hidrográficas do Planalto de São Carlos (SP). Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, n.4, 42-50, out./dez., 1968.
- TUNDISI, J.G. Local Community Involvement in Environmental Planning and Management: Focus on River Basin Management - The Lobo - Broa Reservoir Case Study. Expert Group on Environmental and Management for Local and Regional Development: Focus on Training Aspects Derived from

Studies of Inland Water Management. Otsu and Nagoya: UNCRD/ILEC/UNEP, 1986. 29p.

TUNDISI, J.G. Ecology and Development: Perspectives for a Better Society. Physiol. Ecol. Japan, Kyoto, v.27 (special number), 93-100, mar., 1990.

_____.; SCHIEL, D. Sistema de Atualização de Professores de Ciências e Geografia com a Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica como Unidade: Conceitos Básicos, Projeto e Perspectivas. São Carlos: IFQSC-USP/CRHEA-EESC-USP/CAPEB-PADCT, 1986. 13p. (Publicação Especial n.1).

_____ et al. A Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica como Unidade para Atualização de Professores de Ciências e Geografia: O Modelo Lobo (Broa) Brotas/Itirapina. In: TUNDISI, J.G. (ed.). Limnologia e Manejo de Represas. vol.I. Tomo 2. São Carlos: CRHEA-EESC-USP/ACIESP, 1988a. 440p. (Série: Monografia em Limnologia). p.311-355.

_____ et al. Comparação do Estado Trófico de 23 Reservatórios do Estado de São Paulo: Eutrofização e Manejo. In: TUNDISI, J.G. (ed.) Limnologia e Manejo de Represas. vol.I. Tomo 1. São Carlos: CRHEA-EESC-USP/ACIESP, 1988b. 506p. (Série: Monografias em Limnologia). p.165-204.

VALDERAMA, J.C. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. Mar. Chem., v.10, 109-122, 1981.

VANNOTE, R.L. et al. The River Continuum Concept. Can. J. Fish. Aquat. Sci., v.37, 130-137, 1980.

VASCONCELLOS, L.A.S.; MOTTA JR., J.C.A. A importância das síndromes de dispersão para a reconstituição de matas

- ciliares. In: INSTITUTO DE BOTÂNICA. Simpósio sobre Mata Ciliar. Programa e Resumos. São Paulo: IBt-SMA, 1989. 52p. p.48.
- VIANA, V.M. Biologia e Manejo de Fragmentos de Florestas Naturais. In: S.B.S. VI Congresso Florestal Brasileiro. Anais. Campos do Jordão: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. p.113-118.
- VILLELA, S.M.; MATTOS, A. Hidrologia Aplicada. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.
- VINER, A.B. A quantitative assessment of the nutrient phosphate transported by particles in a tropical river. Rev. Hydrobiol. Trop., v.15, n.1, 3-8, 1982.
- VICTOR, M.A.M. A devastação florestal. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1975.
- VOLLENWEIDER, R.A. (ed.). A Manual on Methods for Measuring Primary Production in Aquatic Environments. 2.ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1974. 225p. (IBP Handbook n.12).
- WALKER, I. Ecologia e Biologia dos Igapós e Igarapés. CIÊNCIA HOJE, v.11, n.64, 44-53, 1990.
- WATANABE, T. Perifiton: Comparação de Metodologias Empregadas para Caracterizar o Nível de Poluição das Águas. Acta Limnol. Brasil., São Carlos, v.3, tomo 1, 593-615, 1990.
- WEBSTER, J.R. et al. Experimental Studies of physical factors affecting seston transport in streams. Limnol. Oceanogr., v.32, n.4, 848-863, 1987.
- WESTLAKE, D.F. Measurements on Non-Isolated Natural Communities. Introduction. In: VOLLENWEIDER, R.A. (ed.).

A Manual on Methods for Measuring Primary Production in Aquatic Environments. 2.ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1974. 225p. (IBP Handbook n.12) p.110-111.

WETZEL, R.G. Water as an environment for plant life. In: SYMOENS, J.J. (ed.). Vegetation of Inland Waters. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988. 385p. (Handbook of Vegetation Science, v.15/1) p.1-30.

_____.; LIKENS. Limnological Analysis. Philadelphia: W.B. Saunders, 1979. 375p.

WHITAKER, V.A.; TUNDISI, J.G. Ciclo Sazonal de Ferro na Represa do Lobo (Broa) e tributários. In: TUNDISI, J.G. (ed.). Limnologia e Manejo de Represas. vol.I. Tomo 1. São Carlos: CRHEA-EESC-USP/ACIESP, 1988. 506p. (Série: Monografias em Limnologia) p.371-418.

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

A P Ê N D I C E A

T A B E L A S

Tabela A.1- Distribuição dos fragmentos de vegetação natural na Bacia do Rio do Monjolinho em classes de tamanho.

Tipo	Área Total (ha)	Total de Fragmentos	Classes de Tamanho (nº de fragmentos - % da área total)				
			0-10 ha	10-20 ha	20-30 ha	30-40 ha	>40 ha
Mata + Capoeira	556	40	23-18,4%	7-16%	5-22,1%	3-19,4%	2-24,1%
Cerradão	954	3	1- 0,3%	1- 1,6%	-	-	1-98,1%
Cerrado	696	29	18-12,6%	3- 5,7%	3-11,4%	2-10,1%	3-60,2%
Várzea	191	5	1- 4,2%	-	2-25,1%	1-20,4%	1-50,3%
TOTAL	2.397	77	43- 8,4%	11- 6,0%	10-10,4%	6- 9,1%	7-66,1%

Tabela A.2- Algumas características físicas do leito do rio, a partir dos pontos de coleta.

PONTO	COTA (m)	DIST. N. (Km)	DECLIV. (%)	SUBST.	TRECHO	COMP. (Km)	DECLIV. MÉDIA (%)	OBSERVAÇÕES
1	860	2,25	1,43	AREN.				
					(1-2)	6,75	0,74	• Presença de 3 represas pequenas • Leito progressivamente sobre substrato basáltico
2	810	9,00	2,00	ROCH.				
					(2-3)	7,25	0,83	• Próximo ao final do trecho, pequena barragem para desvio de parte do fluxo para canal de usina hidrelétrica
3	750	16,25	0,83	ROCH.				
					(3-4)	0,25	16,00	• Queda de aproximadamente 30m
4	710	16,50	12,50	ROCH.				
					(4-5)	4,50	0,78	• A maior parte do trecho é plana, com declividade muito menor que a média, que é alta devido o declive acentuado logo no início do trecho
5	675	21,00	0,21	AREN.-ROCH.				
					(5-6)	5,50	0,78	• É a maior parte de trecho com corredeiras, que finda próximo ao ponto 7
6	632	26,50	2,44	BL.-ROCH.				
					(6-7)	1,25	4,16	• A parte final do trecho é plana, próximo à entrada do Córrego do Can-Can
7	580	27,75	0,43	PEDR.				
					(7-8)	4,00	0,23	• Trecho inicial de longo trecho plano
8	571	31,75	0,21	AREN.-ROCH.				
					(8-9)	9,25	0,10	• Trecho em planície longa, com presença de áreas alagáveis e lago permanente ligado ao rio
9	562	41,00	0,08	AREN.-LOD.				
					(9-10)	2,25	0,84	• Trecho com parte inicial no fim do trecho plano, com corredeiras em blocos de rocha e pequeno plano final
10	543	43,25	0,89	ROCH.				
J1	543	43,25	0,32	ROCH.				
					(J1-J2)	4,00	0,88	• Trecho no Rio Jacaré-Guaçu com corredeiras
J2	508	47,25	0,29	ROCH.				

DIST. N. - distância das nascentes
DECLIV. - declividade
SUBST. - tipo de substrato do leito
COMP. - comprimento do trecho

AREN. - arenoso
ROCH. - rochoso
BL. - blocos de rocha
PEDR. - pedregoso
LOD. - lodoso

Tabela A.3- Variações nos pontos 1, E2 e 10 de um dia a outro e em três horários do período de coleta.

Coleta		Ponto	T _{água} (°C)	O.D. (mg/l)	O.D. (% SAT)	M.S. _T (mg/l)	M.S. _O (mg/l)	M.S. _I (mg/l)	Cond. (µS/cm)	N _T (µg/l)	P _T (µg/l)
Data	Hora										
04/09/89	5:00	1	16,0	7,40	83,6	-	-	-	38,0	755	9
05/09/89	5:00	1 *	16,5	6,89	78,6	2,58	1,48	1,10	34,0	491	9
05/09/89	8:10	1	19,5	7,49	90,9	1,68	0,66	1,02	34,0	566	9
05/09/89	9:00	1	18,5	8,37	99,5	2,06	1,40	0,66	33,0	619	13
05/09/89	7:15	E2	18,5	3,06	35,6	14,00	12,80	1,20	190,0	3.277	582
06/09/89	5:55	E2	16,0	3,57	39,4	14,95	9,70	5,25	220,0	6.071	1.035
06/09/89	7:15	E2	17,5	4,17	47,5	14,95	8,45	6,50	310,0	4.545	660
06/09/89	8:55	E2	19,5	4,22	50,1	19,70	13,10	6,60	220,0	3.941	826
07/09/89	6:05	10	19,0	7,39	85,3	26,55	12,35	14,40	260,0	4.123	263
08/09/89	5:55	10 *	19,0	7,17	82,8	29,40	9,10	20,30	148,0	2.809	125
08/09/89	7:25	10	20,0	7,35	86,5	28,20	9,10	18,80	146,0	-	-
08/09/89	9:15	10	20,5	7,53	89,5	25,80	9,40	16,40	148,0	2.658	141

onde: T_{água} : temperatura da água

O.D. : oxigênio dissolvido na água

O.D. (% SAT): porcentagem de saturação em oxigênio

M.S._T : material em suspensão total

M.S._O : material em suspensão orgânico

M.S._I : material em suspensão inorgânico

Cond.: condutividade elétrica

N_T : nitrogênio total expresso em N

P_T : fósforo total expresso em P

Tabela A.4- Variação Espacial das Variáveis Ambientais em uma Seção (Ponto 10) - Coleta de 02/10/90 (8 h)

PONTO NA SEÇÃO	T _{água} (°C)	O.D. (mg/l)	O.D. (% SAT)	M.S. _T (mg/l)	M.S. _O (mg/l)	M.S. _I (mg/l)	Cond. (µS/cm)	pH	Alc. (meq/l)	N _T (µg/l)	NO ₂ ⁻ (µg/l)	NO ₃ ⁻ (µg/l)	NH ₄ ⁺ (µg/l)	P _T (µg/l)	PO ₄ ³⁻ D.T. (µg/l)	PO ₄ ³⁻ I (µg/l)	Silic. (mg/l)	Cl <u>a</u> µg/l
S1 (ma)	20,5	6,78	80,7	38,10	14,07	24,03	148,3	6,36	0,78	8.337	78	318	4.722	590	223	178	9,95	11,36
S2 (ma)	20,0	6,30	74,3	32,57	11,83	20,73	155,2	-	0,79	7.439	79	291	4.786	577	226	175	9,95	11,72
S3 (su)	21,0	6,88	82,6	32,20	11,83	20,37	148,7	6,48	0,80	7.707	80	314	4.945	687	219	172	8,41	12,45
S4 (me)	20,5	6,78	80,7	27,10	10,23	16,87	150,3	6,42	0,78	7.497	76	256	4.850	512	225	175	9,27	10,62
S5 (fu)	20,0	6,92	81,6	37,70	12,07	25,63	152,9	6,40	0,79	5.682	76	328	4.826	687	216	165	8,89	14,29

onde: ma - margem, su - superfície, me - meio, fu - fundo; e

NO₂⁻: concentração de nitrito, NO₃⁻: concentração de nitrato, NH₄⁺: concentração de amônio, expressos em N;

PO₄³⁻
D.T.: concentração de fosfatos dissolvidos totais, PO₄³⁻
I: concentração de fosfatos dissolvidos inorgânicos, expressos em P;

Silic.: concentração de silicatos reativos ao molibdato; cl a: concentração de clorofila a total em suspensão;

e outras variáveis: mesmas convenções da Tabela A.3.

Tabela A.5- Variação das Vazões (m^3/S) dos Afluentes em duas datas diferentes.

Data	Af1	Af2	Af3	Af4	Af5	Af6
31/07/90	0,11	0,05	0,10	0,15	0,27	0,22
09/12/90	0,06	0,04	0,06	0,22	0,60	0,05

Tabela A.6- Entradas de Afluentes - Coleta de 01/08/90

Ponto	Hora	T _{ar} (°C)	T _{água} (°C)	O.D. (mg/l)	O.D. (% SAT)	M.S. _T (mg/l)	M.S. _O (mg/l)	M.S. _I (mg/l)	Cond. (µS/cm)	pH	Alc. (meq/l)
Af1	5:45	10,0	12,0	7,30	75,1	13,13	5,53	7,60	14,9	5,62	0,13
Af2	5:55	7,0	15,0	6,06	66,6	10,13	5,93	4,20	121,2	6,64	1,07
Af3	6:12	6,5	12,0	3,28	33,6	5,80	1,73	4,67	126,2	6,14	0,80
Af4	6:20	5,0	12,0	7,27	73,7	29,33	7,07	22,27	56,8	6,21	0,47
Af5	6:50	4,5	12,0	8,27	83,7	16,47	3,47	13,00	11,4	5,78	0,08
Af6	7:15	7,0	10,0	9,56	91,2	9,73	3,13	6,60	46,0	6,44	0,27
	C _T (meq/l)	CO _{2D} (meq/l)	N _T (µg/l)	NO ₂ ⁻ (µg/l)	NO ₃ ⁻ (µg/l)	NH ₄ ⁺ (µg/l)	P _T (µg/l)	PO _{4D.T.} ³⁻ (µg/l)	PO _{4I} ³⁻ (µg/l)	Silic. (mg/l)	Cl _a (µg/l)
Af1	1,00	0,87	2.745	1	157	60	20	8	5	2,20	1,92
Af2	1,72	0,65	4.044	81	772	708	168	66	47	5,08	1,10
Af3	2,41	1,61	6.165	186	2.693	4.265	262	216	159	22,85	0,55
Af4	1,27	0,80	3.127	23	188	1.210	233	60	48	3,19	1,92
Af5	0,45	0,37	1.599	2	79	32	13	7	4	1,32	1,37
Af6	0,55	0,28	1.284	3	171	44	20	9	6	3,10	0,83

onde: C_T: carbono inorgânico dissolvido total

CO_{2D}: gás carbônico dissolvido, expressos em meq/l de CO₂

Outras variáveis: mesmas convenções da Tabela A.4

Tabela A.7- Entradas de Afluentes -- Coleta de 10/12/90

Ponto	Hora	T _{ar} (°C)	T _{água} (°C)	O.D. (mg/l)	O.D. (% SAT)	M.S. _T (mg/l)	M.S. _O (mg/l)	M.S. _I (mg/l)	Cond. (µS/cm)	pH	Alc. (meq/l)	
Af1	6:00	20,5	21,5	5,73	71,9	26,65	9,05	17,60	35,0	6,55	0,27	
Af2	6:10	20,5	22,0	5,94	75,2	66,95	17,85	49,10	150,1	7,40	1,10	
Af3	6:25	20,5	23,0	3,90	50,2	9,45	5,00	4,45	124,2	7,00	0,81	
Af4	7:05	21,5	22,0	5,09	63,5	46,60	12,45	34,15	81,1	6,95	0,61	
Af5	7:10	21,0	22,5	6,92	87,1	17,95	8,16	9,79	18,8	6,45	0,10	
Af6	7:55	23,0	23,0	7,76	97,3	6,95	3,30	3,65	71,7	7,13	0,37	
		C _T (meq/l)	CO _{2D} (meq/l)	N _T (µg/l)	NO ₂ ⁻ (µg/l)	NO ₃ ⁻ (µg/l)	NH ₄ ⁺ (µg/l)	P _T (µg/l)	PO _{4D.T.} ³⁻ (µg/l)	PO _{4I} ³⁻ (µg/l)	Silíc. (mg/l)	Cl _a (µg/l)
Af1		0,45	0,18	1.312	3	55	138	43	24	11	3,56	4,58
Af2		1,20	0,10	4.818	90	1.032	947	110	22	12	7,02	0,55
Af3		1,00	0,19	3.729	66	449	2.102	167	73	44	4,85	1,65
Af4		0,77	0,16	3.443	65	142	2.787	156	74	52	5,23	2,20
Af5		0,18	0,08	1.226	2	31	67	17	7	1	2,10	2,38
Af6		0,43	0,06	1.179	3	106	46	23	13	5	5,63	3,30

variáveis: mesmas convenções da Tabela A.6

Tabela A.8- Precipitações Pluviométricas Diárias e Evaporações Diárias de um tanque classe A, nos dias anteriores aos períodos de coleta para os perfis longitudinais do Rio do Monjolinho.

Agosto-Setembro/1989			Janeiro/1990		
Data	Precipitação (mm)	Evaporação (mm)	Data	Precipitação (mm)	Evaporação (mm)
29/08	0,0	3,4	18/01	0,0	5,6
30/08	0,0	4,4	19/01	8,7	5,0
31/08	0,0	5,6	20/01	26,8	3,5
01/09	0,2	5,8	21/01	0,0	5,0
02/09	11,0	1,7	22/01	0,0	5,7
03/09	0,0	3,8	23/01	14,6	2,4
04/09	0,0	6,3	24/01	11,3	4,0
05/09	0,0	5,7			
06/09	1,3	1,0			
07/09	14,0	3,4			
08/09	0,0	2,9			
Julho/1990			Dezembro/1990		
Data	Precipitação (mm)	Evaporação (mm)	Data	Precipitação (mm)	Evaporação (mm)
12/07	0,0	3,2	04/12	0,0	7,2
13/07	0,0	4,5	05/12	16,2	5,4
14/07	0,0	5,1	06/12	0,2	6,2
15/07	0,0	3,2	07/12	0,0	6,5
16/07	0,0	4,4	08/12	14,8	2,3
17/07	19,4	2,3	09/12	0,0	4,0
18/07	0,2	2,1	10/12	0,5	2,6

Tabela A.9- Perfil Longitudinal - Coleta de 04-08/09/89.

C O L E T A		Ponto	T _{água} (°C)	O.D. (mg/l)	O.D. (% SAT)	M.S. _T (mg/l)	M.S. _O (mg/l)	M.S. _I (mg/l)	Cond. (µS/cm)	N _T (µg/l)	P _T (µg/l)
Data	Hora										
04/09/89	5:00-5:30	1	16,0	7,40	83,6	-	-	-	38,0	755	9
05/09/89	5:00-5:25	1	16,5	6,89	78,6	2,58	1,48	1,10	34,0	491	9
05/09/89	5:45-6:05	E1	16,5	7,65	87,0	6,38	2,46	3,92	27,0	317	7
05/09/89	6:10-6:25	2	17,5	8,13	94,4	7,22	1,88	5,34	88,0	483	13
05/09/89	6:40-7:00	3	17,5	0,32	3,7	37,30	33,30	4,00	380,0	13.032	1.309
05/09/89	7:15-7:30	E2	18,5	3,06	35,6	14,00	12,80	1,20	190,0	3.277	582
06/09/89	7:15-7:30	E2	17,5	4,17	47,5	14,95	8,45	6,50	310,0	4.545	660
06/09/89	7:45-7:50	5	18,5	3,39	33,3	12,05	6,55	5,50	177,0	4.138	725
06/09/89	8:00-8:15	6	18,0	7,20	82,4	24,30	12,25	12,05	220,0	5.557	655
06/09/89	8:25-8:35	7	19,0	8,37	97,2	16,00	6,95	9,05	210,0	4.470	382
08/09/89	8:00-8:05	8	19,5	6,47	75,7	34,90	11,25	23,35	146,0	2.779	243
08/09/89	8:40-8:55	9	21,0	3,21	38,6	27,10	8,10	19,00	140,0	1.359	153
08/09/89	9:15-9:30	10	20,5	7,53	89,5	25,80	9,40	16,40	148,0	2.658	141
08/09/89	5:55-6:05	10	19,0	7,17	82,8	29,40	9,10	20,30	148,0	2.809	125
08/09/89	6:05-6:15	J1	19,5	8,41	98,0	3,95	1,15	2,80	27,0	460	11
08/09/89	6:35-6:50	J2	19,5	8,39	97,5	16,40	5,40	11,00	67,0	974	56

variáveis: mesmas convenções da Tabela A.3

Tabela A.10- Perfil Longitudinal - Coleta de 24/01/90.

Hora	Ponto	T _{ar} (°C)	T _{água} (°C)	O.D. (mg/l)	O.D. (% SAT)	M.S. _T (mg/l)	M.S. _O (mg/l)	M.S. _I (mg/l)	Cond. (µS/cm)	pH	Alc. (meq/l)	C _T (meq/l)	CO _{2D} (meq/l)	N _T (µg/l)	P _T (µg/l)
4:55	1	21,0	20,0	6,92	84,9	12,92	4,76	8,16	28,0	6,40	0,18	0,35	0,17	1.237	31
5:25	2	22,0	25,0	4,80	64,3	16,63	5,20	11,43	35,0	6,50	0,24	0,41	0,17	1.851	55
5:55	3	19,0	22,5	7,21	91,5	11,00	7,05	3,95	97,0	7,17	0,56	0,65	0,09	2.565	188
6:15	4	25,0	22,0	7,87	98,5	11,70	8,05	3,65	101,0	7,40	0,53	0,58	0,05	2.709	188
6:40	5	24,0	23,0	6,23	79,0	22,10	7,40	14,70	79,0	6,95	0,47	0,59	0,12	2.367	226
7:10	6	20,0	22,0	7,50	92,9	35,15	11,50	23,65	87,0	7,08	0,50	0,60	0,10	3.141	309
7:25	7	20,0	22,0	6,88	84,6	43,50	12,20	31,30	85,0	7,30	0,47	0,53	0,06	2.565	181
7:45	8	20,0	22,0	7,22	88,7	43,90	12,50	31,40	88,0	7,15	0,49	0,57	0,08	2.724	268
8:45	9	23,0	23,5	2,74	34,5	25,05	7,85	17,20	100,0	6,76	0,57	0,80	0,23	2.185	163
8:05	10	22,0	22,5	7,36	91,0	21,30	6,95	14,35	102,0	7,12	0,59	0,69	0,10	2.094	174
8:15	J1	22,0	25,0	7,09	91,8	7,80	5,20	2,60	29,0	6,75	0,18	0,25	0,07	986	36
9:25	J2	23,0	25,0	7,76	100,0	10,90	5,35	5,55	49,0	7,10	0,28	0,33	0,05	1.593	108

variáveis: mesmas convenções da Tabela A.4

Tabela A.11- Perfil Longitudinal - Coleta de 18/07/90.

Ponto	Hora	T _{ar} (°C)	T _{água} (°C)	O.D. (mg/l)	O.D. (% SAT)	M.S. _T (mg/l)	M.S. _O (mg/l)	M.S. _I (mg/l)	Cond. (µS/cm)	pH	Alc. (meq/l)	
1	5:00	18,0	17,0	6,32	73,0	4,55	3,53	1,03	28,1	6,06	0,16	
2	5:25	19,0	18,5	5,42	64,1	13,58	6,88	6,70	35,1	6,54	0,23	
3	5:55	17,0	17,5	4,91	56,5	18,73	11,63	7,10	156,3	7,05	0,81	
4	6:10	17,0	18,0	5,93	68,5	28,68	16,35	12,33	178,9	6,67	0,73	
5	6:30	18,0	18,0	3,31	38,1	22,45	10,03	12,43	112,2	6,54	0,57	
6	6:50	16,0	18,0	5,58	63,9	40,55	15,95	24,60	127,0	6,55	0,58	
7	7:02	17,0	18,0	6,64	75,6	70,60	25,10	45,50	119,3	6,70	0,54	
8	7:15	17,0	18,0	4,93	56,0	75,58	26,10	49,48	136,4	6,78	0,58	
9	8:05	16,0	17,5	2,38	26,7	52,53	17,15	35,38	119,3	6,55	0,58	
10	7:35	15,0	17,5	6,02	67,5	47,73	16,43	31,30	122,8	6,77	0,57	
J1	7:40	15,0	17,5	6,49	72,0	5,25	3,28	1,98	22,7	6,63	0,15	
J2	8:40	18,0	17,5	6,82	76,1	24,58	8,30	16,28	65,6	6,76	0,29	
		C _T (meq/l)	CO _{2D} (meq/l)	N _T (µg/l)	NO ₂ ⁻ (µg/l)	NO ₃ ⁻ (µg/l)	NH ₄ ⁺ (µg/l)	P _T (µg/l)	PO _{4D.T.} ³⁻ (µg/l)	PO _{4I} ³⁻ (µg/l)	Silic. (mg/l)	Cl _a (µg/l)
1		0,51	0,35	1.465	2	721	42	46	17	10	3,15	1,65
2		0,39	0,16	2.401	11	246	856	76	34	17	2,56	33,24
3		0,99	0,18	8.280	74	940	5.047	1.327	1.047	802	46,39	8,79
4		1,12	0,39	6.981	72	1.128	2.100	994	876	610	47,84	6,32
5		0,98	0,41	7.458	47	574	2.975	772	377	253	21,00	7,42
6		0,99	0,41	7.611	52	506	3.325	507	256	133	22,63	10,16
7		0,81	0,27	7.439	51	492	3.054	487	233	124	23,10	7,14
8		0,82	0,24	7.516	71	567	3.421	408	207	115	21,58	10,71
9		0,99	0,41	6.045	52	444	2.767	389	188	105	21,82	17,58
10		0,81	0,24	5.529	67	472	2.353	376	181	105	20,65	18,13
J1		0,24	0,09	442	2	161	50	23	16	8	2,70	4,40
J2		0,42	0,13	3.236	42	472	1.174	270	175	96	21,70	7,97

variáveis: mesmas convenções da Tabela A.6

Tabela A.12- Perfil Longitudinal - Coleta de 10/12/90.

Ponto	Hora	T _{ar} (°C)	T _{água} (°C)	O.D. (mg/l)	O.D. (% SAT)	M.S. _T (mg/l)	M.S. _O (mg/l)	M.S. _I (mg/l)	Cond. (µS/cm)	pH	Alc. (meq/l)
1	5:20	21,0	21,0	6,69	83,6	4,55	2,55	2,00	33,7	6,60	0,19
2	5:45	21,0	24,0	2,89	38,0	12,15	8,58	3,58	66,0	6,71	0,45
3	6:40	21,0	23,0	5,36	68,7	57,30	29,85	27,45	230,0	7,15	0,93
4	6:50	22,0	23,0	6,70	83,6	-	27,15	-	197,3	7,28	0,81
5	7:20	23,0	23,0	3,00	38,1	69,10	26,08	43,03	97,5	6,79	0,55
6	7:35	21,5	23,0	5,49	69,3	134,25	61,35	72,90	126,8	6,95	0,70
7	7:45	23,0	23,5	6,13	77,5	168,10	81,20	86,90	136,7	7,11	0,71
8	8:15	22,0	23,5	1,83	23,1	316,25	140,45	175,80	177,5	7,10	1,01
9	8:40	23,0	24,0	1,63	20,8	39,98	12,08	27,90	173,0	7,04	1,02
10	9:30	25,0	24,5	6,13	78,6	20,25	5,95	14,30	181,5	7,25	0,97
J1	9:30	25,0	25,0	6,69	86,6	12,83	6,05	6,78	26,4	6,76	0,19
J2	9:05	23,5	24,5	7,09	90,5	24,85	8,40	16,45	93,1	7,35	0,56
	C _T (meq/l)	CO _{2D} (meq/l)	N _T (µg/l)	NO ₂ ⁻ (µg/l)	NO ₃ ⁻ (µg/l)	NH ₄ ⁺ (µg/l)	P _T (µg/l)	PO _{4D.T.} ³⁻ (µg/l)	PO _{4I} ³⁻ (µg/l)	Silic. (mg/l)	Cl _a (µg/l)
1	0,30	0,11	1.446	3	202	48	34	18	10	3,07	1,92
2	0,65	0,20	3.471	15	27	1.947	146	27	4	3,24	32,78
3	1,08	0,15	6.101	88	520	2.799	2.443	948	974	25,35	13,92
4	0,91	0,10	5.204	89	479	3.182	1.103	724	687	30,36	12,09
5	0,76	0,21	4.459	30	369	3.277	323	155	68	24,39	8,79
6	0,88	0,18	6.388	44	205	4.745	1.045	171	99	17,68	12,64
7	0,84	0,13	9.598	61	239	4.984	1.305	250	155	19,31	18,68
8	1,19	0,18	11.432	60	178	5.988	2.176	335	210	19,31	29,67
9	1,23	0,21	5.968	51	137	5.336	538	269	208	14,42	2,75
10	1,09	0,12	7.669	119	362	4.842	505	267	217	12,83	1,92
J1	0,26	0,07	2.201	7	51	185	40	17	7	2,70	9,34
J2	0,62	0,06	2.975	111	245	2.325	216	120	65	4,95	4,95

variáveis: mesmas convenções da Tabela A.6

Tabela A.13- Variação Porcentual $(\frac{V_S - V_E}{V_E} \times 100)$ em alguns Trechos do Rio.

Trechos	T- água				O.D.				O.D. (SAT.)			
	COLETA				COLETA				COLETA			
	09/89	01/90	07/90	12/90	09/89	01/90	07/90	12/90	09/89	01/90	07/90	12/90
1-2	+ 6,1	+ 25,0	+ 8,8	+ 14,3	+ 18,0	- 30,6	- 14,2	- 56,8	+ 20,1	- 24,3	- 12,2	- 54,6
2-3	0,0	- 10,0	- 5,4	- 4,2	- 96,1	+ 50,2	- 9,4	+ 85,5	- 96,1	+ 42,3	- 11,9	+ 80,8
3-4	-	- 2,2	+ 2,9	0,0	-	+ 9,2	+ 20,8	+ 25,0	-	+ 7,7	+ 21,2	+ 21,7
4-5	-	+ 4,6	0,0	0,0	-	- 20,8	- 44,2	- 55,2	-	- 19,8	- 44,4	- 54,4
5-6	- 2,7	- 4,4	0,0	0,0	+ 112,4	+ 20,4	+ 68,6	+ 83,0	+ 109,7	+ 17,6	+ 67,7	+ 81,9
6-7	+ 5,6	0,0	0,0	+ 2,2	+ 16,3	- 8,3	+ 19,0	+ 11,7	+ 18,0	- 8,9	+ 18,3	+ 11,8
7-8	-	0,0	0,0	0,0	-	+ 4,9	- 25,8	- 70,1	-	+ 4,9	- 25,3	- 70,2
8-9	+ 7,7	+ 6,8	- 2,7	+ 2,1	- 50,4	- 62,0	- 51,7	- 10,9	- 49,0	- 61,1	- 52,3	- 10,0
9-10	- 2,4	- 4,3	0,0	+ 2,1	+ 134,6	+ 168,6	+ 152,9	+ 276,1	+ 131,9	+ 163,8	+ 152,8	+ 277,9
J1-J2	0,0	0,0	0,0	- 2,0	- 0,2	+ 9,4	+ 5,1	+ 6,0	- 0,5	+ 8,9	+ 5,4	+ 4,5
1-3	+ 6,1	+ 12,5	+ 2,9	+ 9,5	- 95,4	+ 4,2	- 22,3	- 19,9	- 95,3	+ 7,8	- 22,6	- 17,8
3-5	-	+ 2,2	+ 2,9	0,0	-	- 13,6	- 32,6	- 44,0	-	- 13,7	- 32,6	- 44,5
5-7	+ 2,7	- 4,4	0,0	+ 2,2	+ 146,9	+ 10,4	+ 100,6	+ 104,3	+ 147,3	+ 7,1	+ 98,4	+ 103,4
7-9	-	+ 6,8	- 2,7	+ 2,1	-	- 60,2	- 64,2	- 73,4	-	- 59,2	- 64,7	- 73,2

onde: V_S = valor de saída do trecho e V_E = valor de entrada no trecho

Continuação da Tabela A.13

Trechos	M.S.T				M.S.O				M.S.I			
	COLETA				COLETA				COLETA			
	09/89	01/90	07/90	12/90	09/89	01/90	07/90	12/90	09/89	01/90	07/90	12/90
1-2	+ 179,8	+ 22,3	+ 198,5	+ 167,3	+ 27,0	+ 9,2	+ 94,9	+ 236,5	+ 385,5	+ 40,1	+ 550,5	+ 79,0
2-3	+ 416,6	- 33,9	+ 37,9	+ 371,6	+1.671,3	+ 35,6	+ 69,0	+ 247,9	- 25,1	- 65,4	+ 6,0	+ 666,8
3-4	-	+ 6,4	+ 53,1	-	-	+ 14,2	+ 40,6	- 9,1	-	- 7,6	+ 73,7	-
4-5	-	+ 88,9	- 21,7	-	-	- 8,1	- 38,7	- 3,9	-	+ 302,7	+ 0,8	-
5-6	+ 101,7	+ 59,1	+ 80,6	+ 94,3	+ 87,0	+ 55,4	+ 59,0	+ 135,2	+ 119,1	+ 60,9	+ 97,9	+ 69,4
6-7	- 34,2	+ 23,8	+ 74,1	+ 25,2	- 43,3	+ 6,1	+ 57,4	+ 32,4	- 24,9	+ 32,4	+ 85,0	+ 19,2
7-8	-	+ 0,9	+ 7,1	+ 88,1	-	+ 2,5	+ 4,0	+ 73,0	-	+ 0,3	+ 8,8	+ 102,3
8-9	- 22,4	- 42,9	- 30,5	- 87,4	- 28,0	- 37,2	- 34,3	- 91,4	- 18,6	- 45,2	- 28,5	- 84,1
9-10	- 4,8	- 15,0	- 9,1	- 49,4	+ 16,1	- 11,5	- 4,2	- 50,8	- 13,7	- 16,6	- 11,5	- 48,8
J1-J2	+ 315,2	+ 39,7	+ 368,2	+ 93,7	+ 369,6	+ 2,9	+ 153,1	+ 38,8	+ 292,9	+ 113,5	+ 722,2	+ 142,6
1-3	+1.345,7	- 14,9	+ 311,7	+1.159,3	+2.150,0	+ 48,1	+ 229,5	+1.070,6	+ 263,6	- 51,6	+ 589,3	+1.272,5
3-5	-	+ 100,9	+ 19,9	+ 20,6	-	+ 5,0	- 13,8	- 12,6	-	+ 272,2	+ 75,1	+ 56,8
5-7	+ 32,8	+ 96,8	+ 214,5	+ 143,3	+ 6,1	+ 64,9	+ 150,3	+ 211,4	+ 64,6	+ 112,9	+ 266,1	+ 102,0
7-9	-	- 42,4	- 25,6	- 76,2	-	- 35,7	- 31,7	- 85,1	-	- 45,1	- 22,2	- 67,9

Continuação da Tabela A.13

Trechos	Cond.				N _T				P _T			
	COLETA				COLETA				COLETA			
	09/89	01/90	07/90	12/90	09/89	01/90	07/90	12/90	09/89	01/90	07/90	12/90
1-2	+ 158,8	+ 25,0	+ 24,9	+ 95,9	- 1,5	+ 49,7	+ 63,9	+ 140,0	+ 44,4	+ 77,7	+ 65,6	+ 328,3
2-3	+ 331,8	+ 177,1	+ 345,3	+ 248,5	+2.596,9	+ 38,5	+ 244,8	+ 75,8	+9.763,1	+ 238,6	+1.641,7	+1.574,8
3-4	-	+ 4,1	+ 14,5	- 14,2	-	+ 5,6	- 15,7	- 14,7	-	0,0	- 25,1	- 54,8
4-5	-	- 21,8	- 37,3	- 50,6	-	- 12,6	+ 6,8	- 14,3	-	+ 20,4	- 22,3	- 70,7
5-6	+ 24,3	+ 10,1	+ 13,2	+ 30,1	+ 34,3	+ 32,7	+ 2,1	+ 43,3	- 9,6	+ 37,0	- 34,3	+ 223,2
6-7	- 4,6	- 2,3	- 6,1	+ 7,8	- 19,6	- 18,4	- 2,3	+ 50,2	- 41,8	- 41,6	- 3,9	+ 24,9
7-8	-	+ 3,5	+ 12,5	+ 29,9	-	+ 6,2	+ 1,0	+ 19,1	-	+ 48,1	- 16,2	+ 66,8
8-9	- 4,1	+ 13,6	- 12,5	- 2,5	- 51,1	- 19,8	- 19,6	- 47,8	- 37,0	- 39,0	- 4,8	- 75,3
9-10	+ 5,7	+ 2,0	+ 2,9	+ 4,9	+ 95,6	- 4,2	- 8,5	+ 28,5	- 8,0	+ 6,4	- 3,4	- 6,0
J1-J2	+ 148,2	+ 69,0	+ 189,0	+ 252,7	+ 111,5	+ 61,5	+ 632,6	+ 35,2	+ 400,0	+ 195,6	+1.057,6	+ 436,4
1-3	+1.017,7	+ 246,4	+ 456,2	+ 582,5	+2.555,4	+ 107,4	+ 465,1	+ 322,0	+14.141,9	+ 501,5	+2.784,1	+7.073,8
3-5	-	- 18,6	- 28,2	- 57,6	-	- 7,7	- 9,9	- 26,9	-	+ 20,4	- 41,8	- 86,8
5-7	+ 18,6	+ 7,6	+ 6,0	+ 40,2	+ 8,0	+ 8,3	- 0,3	+ 115,3	- 47,3	- 20,0	- 36,9	+ 303,6
7-9	-	+ 17,7	0,0	+ 26,6	-	- 14,8	- 18,8	- 37,8	-	- 9,6	- 20,2	- 58,8

Continuação da Tabela A.13

Trechos	pH(*)			Alc. (*)			C _T (*)			CO _{2D} (*)		
	COLETA			COLETA			COLETA			COLETA		
	01/90	07/90	12/90	01/90	07/90	12/90	01/90	07/90	12/90	01/90	07/90	12/90
1-2	+ 1,6	+ 7,9	+ 1,7	+ 33,3	+ 43,8	+ 136,8	+ 17,1	- 23,5	+ 116,7	0,0	- 54,3	+ 81,8
2-3	+ 10,3	+ 7,8	+ 6,6	+ 133,3	+ 252,2	+ 106,7	+ 58,5	+ 153,8	+ 66,2	- 47,1	+ 12,5	+ 25,0
3-4	+ 3,2	- 5,4	+ 1,8	- 5,4	- 9,9	- 12,8	- 10,8	+ 13,1	- 15,7	- 44,4	+ 116,7	- 33,3
4-5	- 6,1	- 2,0	- 6,7	- 11,3	- 21,9	- 32,1	+ 1,7	- 12,5	- 16,5	+ 140,0	+ 5,1	+ 110,0
5-6	+ 1,9	+ 0,2	+ 2,4	+ 6,4	+ 1,7	+ 27,3	+ 1,7	+ 1,0	+ 15,8	- 16,7	0,0	- 14,3
6-7	+ 3,1	+ 2,3	+ 2,3	- 6,0	- 6,9	+ 1,4	- 11,7	- 18,2	- 4,5	- 40,0	- 34,1	- 27,8
7-8	- 2,1	+ 1,2	- 0,1	+ 4,3	+ 6,9	+ 42,3	+ 7,5	+ 1,2	+ 41,7	+ 33,3	- 11,1	+ 38,5
8-9	- 5,5	- 3,4	- 0,9	+ 16,3	0,0	+ 1,0	+ 40,4	+ 20,7	+ 3,4	+ 187,5	+ 70,8	+ 16,7
9-10	+ 5,3	+ 3,4	+ 3,0	+ 3,5	- 1,7	- 4,9	- 13,8	- 18,2	- 11,4	- 56,5	- 41,5	- 42,9
J1-J2	+ 5,2	+ 2,0	+ 8,7	+ 55,6	+ 93,3	+ 194,8	+ 32,0	+ 75,0	+ 138,5	- 28,6	+ 44,4	- 14,3
1-3	+ 12,0	+ 16,3	+ 8,3	+ 211,1	+ 406,3	+ 389,5	+ 85,7	+ 94,1	+ 260,0	- 47,1	- 48,6	+ 36,4
3-5	- 3,1	- 7,2	- 5,0	- 16,1	- 29,6	- 40,9	- 9,2	- 1,0	- 29,6	+ 33,3	+ 127,8	+ 40,0
5-7	+ 5,0	+ 2,5	+ 4,7	0,0	- 5,3	+ 29,1	- 10,2	- 17,3	+ 10,5	- 50,0	- 34,1	- 38,1
7-9	- 7,4	- 2,2	- 1,0	+ 21,3	+ 6,9	+ 43,7	+ 50,9	+ 22,2	+ 46,4	+ 283,3	+ 51,9	+ 61,5

(*) Exceto a coleta de 4-8/09/89.

Tabela A.14- Médias (\bar{X}) e Desvios Padrões (S) - Perfis Longitudinais - Coletas de 4-8/09/89, 24/01/90, 18/07/90, 10/12/90.

Ponto	T _{ar} (*) (°C)	T _{água} (°C)	O.D. (mg/l)	O.D. (% SAT)	M.S. _T (mg/l)	M.S. _O (mg/l)	M.S. _I (mg/l)
1	20,0±1,7	18,6±2,2	6,71±0,28	80,0± 5,4	6,15± 4,61	3,08± 1,40	3,07± 3,42
2	20,0±1,0	21,3±3,8	5,31±2,17	65,2±23,0	12,40± 3,92	5,64± 2,86	6,76± 3,36
3	19,0±2,0	20,1±3,0	4,45±2,93	55,1±37,2	31,08± 20,67	20,46±13,05	10,63±11,31
5	21,7±3,2	20,6±2,8	3,98±1,51	48,6±20,3	31,43± 25,58	12,52± 9,16	18,92±16,55
6	19,2±2,8	20,3±2,6	6,44±1,06	77,1±13,1	58,56± 50,91	25,26±24,14	33,30±27,01
7	20,0±3,0	20,6±2,6	7,01±0,96	83,7± 9,8	74,55± 66,23	31,36±34,09	43,15±32,78
8	19,7±2,5	20,6±2,3	5,11±2,39	60,9±28,5	117,66±133,54	47,58±62,28	70,01±71,37
9	20,7±4,0	21,5±3,0	2,49±0,67	30,1± 7,9	36,17± 12,76	11,30± 4,36	24,87± 8,42
10	20,7±5,1	21,3±3,0	6,76±0,80	81,6±10,9	28,77± 12,87	9,68± 4,73	19,09± 8,20
J1	20,7±5,1	21,8±3,8	7,17±0,86	87,1±11,1	7,46± 3,92	3,92± 2,18	3,54± 2,19
J2	21,5±3,0	21,6±3,7	7,52±0,70	91,0±10,7	19,23± 6,83	6,86± 1,72	12,32± 5,17
	Cond. (µS/cm)	[H ⁺] (*) (10 ⁻⁷ M)	Alc. (*) (meq/l)	C _T (*) (meq/l)	CO _{2D} (*) (meq/l)	N _T (µg/l)	P _T (µg/l)
1	31,0± 3,4	5,07±3,24	0,18±0,02	0,39±0,11	0,21±0,12	1.160± 458	30± 15
2	56,0± 25,8	2,67±0,64	0,31±0,12	0,48±0,14	0,18±0,02	2.051±1.243	73± 55
3	215,8±122,2	0,76±0,12	0,77±0,19	0,91±0,23	0,14±0,05	7.495±4.379	1.316±921
5	116,4± 42,6	1,88±0,91	0,53±0,05	0,78±0,20	0,25±0,15	4.606±2.113	511±277
6	140,2± 56,4	1,60±1,10	0,59±0,10	0,82±0,20	0,23±0,16	5.675±1.888	629±311
7	137,8± 52,7	1,09±0,80	0,57±0,12	0,73±0,17	0,15±0,11	6.018±3.118	589±494
8	137,0± 37,1	1,05±0,59	0,69±0,28	0,86±0,31	0,17±0,08	6.113±4.198	774±938
9	133,1± 31,2	1,82±0,96	0,72±0,26	1,01±0,22	0,28±0,11	3.889±2.468	311±186
10	138,6± 34,2	1,01±0,61	0,71±0,23	0,86±0,21	0,15±0,08	4.487±2.600	299±172
J1	26,3± 2,6	1,95±0,34	0,17±0,02	0,25±0,01	0,08±0,01	1.022± 825	28± 13
J2	68,7± 18,2	0,99±0,67	0,38±0,16	0,46±0,15	0,08±0,04	2.194±1.087	162± 98

(*) Exceto a coleta de 4-8/09/89.

Tabela A.15- Coeficientes de Variação (C.V. = $\frac{S}{\bar{X}} \cdot 100$) - Perfis Longitudinais - Coletas de 4-8/09/89, 24/01/90, 18/07/90, 10/12/90.

Ponto	T _{ar} (*)	T _{água}	O.D.	O.D. (SAT.)	M.S. _T	M.S. _O	M.S. _I	Cond.	[H ⁺] (*)	Alc. (*)	C _T (*)	CO _{2D} (*)	N _T	P _T
1	8,5	11,8	4,2	6,8	75,0	45,5	111,4	11,0	63,9	11,1	28,2	57,1	39,5	51,0
2	5,0	17,8	40,9	35,4	31,6	50,7	49,7	46,1	23,8	38,7	29,2	11,1	60,6	76,2
3	10,5	14,9	65,8	67,5	66,5	63,8	106,4	56,7	15,3	24,7	25,3	35,7	58,4	69,9
5	14,7	13,6	37,9	41,7	81,4	73,2	87,5	36,6	48,4	9,4	25,6	60,0	45,9	54,2
6	14,6	12,8	16,5	16,9	86,9	95,6	81,1	40,2	67,5	16,9	24,4	69,6	33,3	49,5
7	15,0	12,6	13,7	11,7	88,8	108,7	76,0	38,2	72,9	21,1	23,3	73,3	51,8	84,0
8	12,7	11,2	46,8	46,9	113,5	130,9	101,9	27,1	49,9	40,6	36,0	47,1	68,7	121,2
9	19,3	14,0	26,9	26,4	35,3	38,6	33,9	23,4	52,5	36,1	21,8	39,3	63,5	60,0
10	24,6	14,1	11,8	13,4	46,3	48,9	43,0	24,7	60,3	32,4	24,4	53,3	57,9	57,7
J1	24,6	17,4	12,0	12,7	52,5	55,6	61,9	9,9	17,4	11,8	4,0	12,5	80,7	47,4
J2	14,0	17,1	9,3	11,8	35,5	25,1	42,0	26,5	67,3	42,1	32,6	50,0	49,5	60,0

(*) Exceto a coleta de 4-8/09/89.

Tabela A.16- Cálculo das taxas de metabolismo para o trecho TM1 - Coleta de 16/08/90 a 17/08/90.

t_{E1} (h)	C_1 (mg/l)	T_1 (°C)	C_2 (mg/l)	T_2 (°C)	\bar{C} (mg/l)	\bar{T} (°C)	\bar{C}_S (mg/l)	$C_2 - C_1$ (mg/l)	$\bar{C}_S - \bar{C}$ (mg/l)	K (m/h)	X_i (g/m ² h)	D_i (g/m ² h)	R (g/m ² h)	$R_i = \bar{R}$ (g/m ² h)	P_i (g/m ² h)
6:30	6,38	17,0	5,53	16,0	5,96	16,5	8,76	-0,85	2,80	0,391	-0,248	1,095		1,374	0,031
7:00	6,20	17,4	5,27	16,6	5,74	17,0	8,67	-0,93	2,93	0,396	-0,271	1,160		1,374	-0,057
7:30	6,02	17,9	5,09	17,0	5,56	17,5	8,58	-0,93	3,02	0,401	-0,271	1,211		1,374	-0,108
8:00	5,95	18,0	5,31	17,3	5,63	17,7	8,54	-0,64	2,91	0,403	-0,181	1,173		1,374	0,020
8:30	5,93	18,0	5,54	17,6	5,74	17,8	8,53	-0,39	2,79	0,404	-0,114	1,127		1,374	0,133
9:00	5,90	18,0	5,77	17,9	5,84	18,0	8,49	-0,13	2,65	0,406	-0,038	1,076		1,374	0,260
9:30	5,92	18,3	5,79	18,5	5,86	18,4	8,42	-0,13	2,56	0,409	-0,038	1,047		1,374	0,289
10:00	6,04	19,1	5,61	19,5	5,83	19,3	8,29	-0,43	2,46	0,418	-0,125	1,028		1,374	0,221
10:30	6,11	19,7	5,43	20,5	5,77	20,1	8,14	-0,68	2,37	0,426	-0,198	1,010		1,374	0,166
11:00	6,14	20,0	5,38	20,5	5,76	20,3	8,11	-0,76	2,35	0,428	-0,222	1,006		1,374	0,146
11:30	6,17	20,3	5,33	20,5	5,75	20,4	8,09	-0,84	2,34	0,429	-0,245	1,004		1,374	0,125
12:00	6,21	20,4	5,33	20,5	5,77	20,5	8,08	-0,88	2,31	0,430	-0,257	0,993		1,374	0,124
12:30	6,26	20,2	5,38	20,5	5,82	20,4	8,09	-0,88	2,27	0,429	-0,257	0,574		1,374	0,143
13:00	6,28	20,0	5,34	20,6	5,81	20,3	8,11	-0,94	2,30	0,428	-0,274	0,984		1,374	0,116
13:30	6,19	20,8	5,24	20,9	5,72	20,9	8,01	-0,95	2,29	0,434	-0,277	0,994		1,374	0,103
14:00	6,16	21,0	5,25	21,0	5,71	21,0	8,00	-0,91	2,29	0,436	-0,265	0,998		1,374	0,111
14:30	6,11	20,9	5,24	20,9	5,68	20,9	8,01	-0,87	2,33	0,434	-0,254	1,011		1,374	0,109
15:00	5,98	20,5	5,15	20,7	5,57	20,6	8,07	-0,83	2,50	0,431	-0,242	1,078		1,374	0,054
15:30	5,84	20,2	5,06	20,6	5,45	20,4	8,09	-0,78	2,64	0,429	-0,227	1,133		1,374	0,014
16:00	5,76	20,2	5,04	20,5	5,40	20,4	8,09	-0,72	2,69	0,429	-0,210	1,154		1,374	0,010
16:30	5,82	20,8	5,09	20,5	5,46	20,7	8,05	-0,73	2,59	0,432	-0,213	1,119		1,374	0,042
17:00	5,78	20,6	5,12	20,1	5,45	20,4	8,09	-0,66	2,64	0,429	-0,192	1,133		1,374	0,049
17:30	5,70	20,1	5,15	19,6	5,43	19,9	8,18	-0,55	2,75	0,424	-0,160	1,166		1,374	0,048
18:00	5,71	19,8	5,15	19,4	5,43	19,6	8,22	-0,56	2,79	0,421	-0,163	1,175		1,374	0,036
18:30	5,74	19,6	5,15	19,0	5,45	19,3	8,27	-0,59	2,82	0,418	-0,172	1,179	1,351	1,374	0,023
19:00	5,72	19,4	5,14	19,0	5,43	19,2	8,29	-0,58	2,86	0,417	-0,169	1,193	1,362	1,374	0,012
19:30	5,64	19,2	5,12	19,0	5,38	19,1	8,30	-0,52	2,92	0,416	-0,152	1,215	1,367	1,374	0,007
20:00	5,56	19,0	5,11	19,0	5,34	19,0	8,32	-0,45	2,98	0,415	-0,131	1,237	1,368	1,374	0,006
20:30	5,49	18,9	5,09	18,8	5,29	18,9	8,34	-0,40	3,05	0,414	-0,117	1,263	1,380	1,374	-0,006
21:00	5,42	18,6	5,07	18,7	5,25	18,7	8,37	-0,35	3,12	0,412	-0,102	1,285	1,387	1,374	-0,013
21:30	5,34	18,4	5,04	18,7	5,19	18,6	8,39	-0,30	3,20	0,411	-0,087	1,315	1,402	1,374	-0,028

Convenções no texto

Tabela A.17- Variação diurna de variáveis ambientais no trecho TMI - Coleta de 16/08/90 a 17/08/90.

t_{E1} (h)	ΔN_T ($\mu\text{g}/1$)	ΔNO_3^- ($\mu\text{g}/1$)	ΔNH_4^+ ($\mu\text{g}/1$)	ΔP_T ($\mu\text{g}/1$)	ΔP_P ($\mu\text{g}/1$)	ΔPO_4^{3-} _{D.T.} ($\mu\text{g}/1$)	ΔPO_4^{3-} _O ($\mu\text{g}/1$)	ΔPO_4^{3-} _I ($\mu\text{g}/1$)	$\Delta \text{Silic.}$ (mg/1)	ΔCl_a ($\mu\text{g}/1$)
7:00	- 70	-21	0	- 4	- 3	-1	0	-1	-1,3	0
8:00	-120	-21	+ 4	-10	-10	0	+1	-1	-1,4	-0,8
9:00	-160	-20	+10	-17	-18	+1	+3	-2	-1,3	-1,8
10:00	-205	-19	+15	-22	-24	+2	+4	-2	-1,4	-2,8
11:00	-325	-15	+23	-19	-21	+2	+4	-2	-1,4	-2,0
12:00	-495	- 6	+30	-10	-12	+2	+4	-2	-1,4	-1,4
13:00	-665	+ 2	+37	- 1	- 3	+2	+4	-2	-1,5	-0,4
14:00	-580	- 4	+36	+ 3	+ 1	+2	+4	-2	-1,4	-0,1
15:00	-120	-34	+26	+ 1	- 2	+3	+4	-1	-1,2	-0,8
16:00	+330	-63	+14	- 2	- 5	+3	+3	0	-1,0	-1,2
17:00	+575	-78	+13	- 3	- 7	+4	+4	0	-0,8	-1,2
18:00	+480	-69	+35	- 1	- 6	+5	+4	+1	-0,3	0
19:00	+370	-58	+58	+ 2	- 3	+5	+3	+2	+0,2	+1,2
20:00	+265	-48	+82	+ 4	- 2	+6	+4	+2	+0,7	+2,6
21:00	+200	-48	+78	+ 3	- 1	+4	+2	+2	+0,8	+2,1
22:00	+130	-50	+69	+ 2	0	+2	0	+2	+0,7	+1,4
23:00	+ 65	-50	+61	0	+ 1	-1	-2	+1	+0,7	+0,6
24:00	- 5	-52	+53	- 2	+ 1	-3	-4	+1	+0,6	0
1:00	- 75	-54	+45	- 4	+ 2	-6	-6	0	+0,6	-0,8
2:00	0	-52	+40	- 3	+ 1	-4	-5	+1	+1,0	-1,1
3:00	+140	-51	+35	0	+ 1	-1	-4	+3	+1,2	-1,0
4:00	+280	-50	+34	+ 3	+ 1	+2	-3	+5	+1,4	-0,9

Onde:

Δ = variação da variável ambiental após o tempo de trânsito da água no trecho
($V_{E2} - V_{E1}$)

V_{E2} = valor na estação E2

V_{E1} = valor na estação E1

P_P = concentração de fósforo particulado, expressa em P

PO_4^{3-} = concentração de fósforo orgânico dissolvido, expressa em P

Outras variáveis: mesmas convenções anteriores

Tabela A.18- Cálculo das taxas de metabolismo para o trecho TM2 - Coleta de 5/09/90 a 6/09/90.

t_{E1} (h)	C_1 (mg/l)	T_1 (°C)	C_2 (mg/l)	T_2 (°C)	\bar{C} (mg/l)	\bar{T} (°C)	\bar{C}_S (mg/l)	$C_2 - C_1$ (mg/l)	$\bar{C}_S - \bar{C}$ (mg/l)	K (m/h)	X_i (g/m ² h)	D_i (g/m ² h)	R (g/m ² h)	$R_i = \bar{R}$ (g/m ² h)	P_i (g/m ² h)
6:30	1,53	18,5	1,57	20,0	1,55	19,3	8,60	0,04	7,05	0,110	0,068	0,776		0,804	0,096
7:00	1,55	18,8	1,56	20,0	1,56	18,9	8,66	0,01	7,10	0,109	0,017	0,774		0,804	0,047
7:30	1,59	19,1	1,59	20,0	1,59	19,6	8,54	0	6,95	0,111	0	0,771		0,804	0,033
8:00	1,74	19,7	1,63	20,0	1,69	19,9	8,50	-0,11	6,81	0,112	-0,186	0,763		0,804	-0,145
8:30	1,83	20,2	1,70	20,1	1,77	20,2	8,45	-0,13	6,68	0,113	-0,219	0,755		0,804	-0,170
9:00	1,83	20,5	1,77	20,3	1,80	20,4	8,41	-0,06	6,61	0,113	-0,101	0,747		0,804	-0,044
9:30	1,81	20,5	1,93	20,5	1,87	20,5	8,39	0,12	6,52	0,113	0,203	0,737		0,804	0,270
10:00	1,78	20,5	2,11	20,5	1,95	20,5	8,39	0,33	6,44	0,113	0,557	0,728		0,804	0,633
10:30	1,82	20,5	1,90	20,8	1,86	20,7	8,36	0,08	6,50	0,114	0,135	0,741		0,804	0,198
11:00	2,00	20,5	1,72	21,0	1,86	20,8	8,35	-0,28	6,49	0,114	-0,473	0,740		0,804	-0,409
11:30	2,06	20,6	1,73	21,3	1,90	21,0	8,32	-0,33	6,42	0,115	-0,557	0,738		0,804	-0,491
12:00	1,99	20,8	1,75	21,5	1,87	21,2	8,28	-0,24	6,41	0,115	-0,405	0,737		0,804	-0,338
12:30	1,95	21,0	1,88	21,5	1,93	21,3	8,27	-0,07	6,34	0,116	-0,118	0,735		0,804	-0,049
13:00	1,97	21,0	2,01	21,5	1,99	21,3	8,27	0,04	6,28	0,116	0,068	0,728		0,804	0,144
13:30	1,94	21,0	2,01	21,5	1,98	21,3	8,27	0,07	6,29	0,116	0,118	0,730		0,804	0,192
14:00	1,88	21,3	2,01	21,5	1,95	21,4	8,25	0,13	6,30	0,116	0,219	0,731		0,804	0,292
14:30	1,84	21,6	1,96	21,8	1,90	21,7	8,21	0,12	6,31	0,117	0,203	0,738		0,804	0,269
15:00	1,84	21,9	1,90	22,0	1,87	22,0	8,16	0,06	6,29	0,117	0,101	0,736		0,804	0,169
15:30	1,83	22,0	1,79	22,0	1,81	22,0	8,16	-0,04	6,35	0,117	-0,068	0,743		0,804	-0,007
16:00	1,80	22,0	1,69	22,0	1,75	22,0	8,16	-0,11	6,41	0,117	-0,186	0,750		0,804	-0,132
16:30	1,75	22,0	1,71	22,0	1,73	22,0	8,16	-0,04	6,43	0,117	-0,068	0,752		0,804	-0,016
17:00	1,71	22,0	1,73	22,0	1,72	22,0	8,16	0,02	6,44	0,117	0,034	0,753		0,804	0,085
17:30	1,70	22,0	1,72	22,0	1,71	22,0	8,16	0,02	6,45	0,117	0,034	0,755		0,804	0,015
18:00	1,80	22,0	1,71	22,0	1,76	22,0	8,16	-0,09	6,40	0,117	-0,152	0,749		0,804	-0,097
18:30	1,82	22,0	1,71	22,0	1,77	22,0	8,16	-0,11	6,39	0,117	-0,186	0,748	0,934	0,804	-0,130
19:00	1,82	22,0	1,72	22,0	1,77	22,0	8,16	-0,10	6,39	0,117	-0,169	0,748	0,917	0,804	-0,113
19:30	1,82	22,0	1,76	22,0	1,79	22,0	8,16	-0,06	6,37	0,117	-0,101	0,745	0,846	0,804	-0,042
20:00	1,83	22,0	1,83	21,9	1,83	22,0	8,16	0	6,33	0,117	0	0,741	0,741	0,804	0,063
20:30	1,86	21,9	1,86	21,7	1,86	21,8	8,19	0	6,33	0,117	0	0,741	0,741	0,804	0,063
21:00	1,91	21,7	1,89	21,5	1,90	21,6	8,22	-0,02	6,32	0,116	-0,034	0,733	0,767	0,804	0,037
21:30	1,92	21,5	1,88	21,5	1,90	21,5	8,23	-0,04	6,33	0,116	-0,068	0,734	0,802	0,804	0,002
22:00	1,88	21,5	1,88	21,5	1,88	21,5	8,23	0	6,35	0,116	0	0,737	0,737	0,804	0,067
22:30	1,83	21,5	1,82	21,2	1,83	21,4	8,25	-0,01	6,42	0,115	-0,017	0,738	0,755	0,804	0,049

Convenções no texto

Tabela A.19- Variação diurna de variáveis ambientais no trecho TM2 - Coleta de 05/09/90 a 06/09/90.

t_{E1} (h)	ΔN_T ($\mu\text{g}/1$)	ΔNH_4^+ ($\mu\text{g}/1$)	ΔNO_3^- ($\mu\text{g}/1$)	ΔNO_2^- ($\mu\text{g}/1$)	ΔP_T ($\mu\text{g}/1$)	ΔP_P ($\mu\text{g}/1$)	ΔPO_4^{3-} _{D.T.} ($\mu\text{g}/1$)	ΔPO_4^{3-} _{O.} ($\mu\text{g}/1$)	ΔPO_4^{3-} _{I.} ($\mu\text{g}/1$)	$\Delta \text{Si11c.}$ (mg/1)	ΔCl_a ($\mu\text{g}/1$)
7:00	+ 425	-150	+ 18	+ 4	+ 45	+ 37	+ 8	+ 2	+ 6	-1,6	-1,4
8:00	+ 25	-138	+ 15	+ 5	- 40	- 52	+12	+ 3	+ 9	-1,2	-1,2
9:00	- 350	-150	+ 15	+ 5	-140	-157	+17	+ 5	+12	-0,8	-1,0
10:00	+ 325	- 25	+ 25	+ 8	- 60	+ 72	+12	0	+12	-0,5	-0,7
11:00	+ 975	+ 25	+ 30	+11	+ 40	+ 30	+10	- 2	+12	-0,2	-0,5
12:00	+1625	+ 75	+ 35	+13	+140	+134	+ 6	- 8	+14	+0,2	-0,3
13:00	+1400	+ 75	+ 30	+10	+ 50	+ 46	+ 4	- 8	+12	+0,1	+0,1
14:00	+1025	0	+ 20	+ 7	-100	-100	0	- 8	+ 8	0	+0,2
15:00	+ 625	- 50	+ 10	+ 3	-290	-286	- 4	- 8	+ 4	0	+0,3
16:00	+ 100	-200	+ 30	+ 9	-240	-242	+ 2	- 8	+10	0	+0,3
17:00	- 350	-325	+ 55	+15	-150	-166	+16	-10	+26	+0,1	0
18:00	- 775	-425	+ 75	+21	- 65	- 97	+32	- 8	+40	+0,2	-0,2
19:00	- 775	-200	+ 45	+14	- 25	- 47	+22	+ 2	+20	+0,6	-0,1
20:00	- 975	+ 75	+ 5	+ 6	- 20	- 28	+ 8	+ 8	0	+0,7	0
21:00	-1050	+325	- 30	- 1	- 15	- 9	- 6	+16	-22	+0,8	+0,1
22:00	- 625	+550	- 5	+ 1	-150	-148	- 2	+16	-18	-0,6	+0,3
23:00	- 75	+400	+ 50	+ 7	-410	-416	+ 6	+14	- 8	-1,7	+0,5
24:00	+ 450	+250	+110	+14	-690	-702	+12	+10	+ 2	-3,1	+0,6
1:00	+ 350	-275	+105	+14	-740	-732	- 8	- 4	- 4	-2,8	+0,4
2:00	+ 575	-475	+ 70	+ 9	-620	-594	-26	- 8	-18	-1,8	+0,2
3:00	+ 775	-675	+ 35	+ 5	-510	-464	-46	-16	-30	-0,9	+0,1
4:00	+ 975	-850	0	0	-390	-326	-64	-23	-41	0	-0,1
5:00	+ 875	-625	+ 3	+ 1	-240	-196	-44	-10	-34	0	-0,2
6:00	+ 675	-375	+ 15	+ 3	-100	- 65	-35	-14	-21	-0,2	-0,2

Mesmas convenções da Tabela A.17

Tabela A.20- Princípios Ecológicos e sua Utilização para a Recuperação da Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho.

Princípio Ecológico	Exemplos de Aplicação na Recuperação da Bacia Hidrográfica
Funções de Força (sensu JØRGENSEN e MITSCH, 1989)	Na identificação e controle das entradas concentradas de materiais e energia na superfície terrestre e na rede de drenagem, que condicionam o funcionamento do ecossistema bacia hidrográfica.
Reciclagem de Materiais e Nutrientes	<p>No processo de controle e tratamento das fontes poluentes pontuais (esgotos urbanos, efluentes agroindustriais, etc.), para o reaproveitamento dos resíduos como matéria prima para os processos produtivos e/ou como produto para a comunidade social, após as devidas transformações tecnológicas.</p> <p>Em medidas de controle de fontes poluentes não pontuais como as usadas na transformação de resíduos orgânicos para as práticas de Agricultura Orgânica.</p> <p>Na recomposição dos ecossistemas originais da bacia, a fim de se efetivarem mecanismos de retenção, filtragem e transformação de materiais nos rios (barragens devidas a troncos, galhos, folhas e frutos caídos nos leitos) e nas margens e encostas (proteção contra erosão pluvial e retenção de materiais transportados pelo ar e pela água).</p>
Efeito Tampão Ecológico ("Buffer")	Na regularização do regime térmico dos ambientes, do regime de vazões e de transporte de sedimentos dos rios, através da revegetação de margens dos rios e encostas da bacia hidrográfica.
Biodiversidade	Na proteção dos relictos do mosaico de ecossistemas originais da bacia e região, visando sua preservação como fontes de pólen, de sementes, de mudas, além de refúgio da fauna associada dispersora de parte desse pólen e dessas sementes.

continuação da Tabela A.20

Princípio Ecológico	Exemplos de Aplicação na Recuperação da Bacia Hidrográfica
Corredores de Dispersão	Na estratégia de recomposição dos ecossistemas terrestres da bacia e de ligação entre os relictos, visando a continuidade do fluxo gênico para a manutenção da variabilidade genética, através da facilitação da migração da fauna polinizadora e dispersora de sementes.
Resiliência	Na diferenciação de estratégias de recomposição dos ecossistemas com diferentes graus de retorno a condições de equilíbrio, anteriores às perturbações.
Mecanismos de Autoregeneração (Vegetativa, Bancos e Fontes de Sementes)	Na escolha de estratégias mais apropriadas de recuperação da vegetação dos ecossistemas terrestres da bacia.
Sucessão Secundária	Na recuperação da estrutura dos ecossistemas terrestres da bacia com porte florestal (mata ciliar, de encosta, etc.).
Fluxo de Energia ("Transformity" sensu ODUM, 1988)	Na avaliação ecológica de valores dos ecossistemas como um todo, entre eles os sistemas humanos.
Realimentação Negativa ("Feedback", sensu MARGALEF, 1968 e ODUM, 1988)	Na estratégia geral de recuperação dos ecossistemas da bacia, visando maior autoorganização e maior autosustentabilidade. Na continuidade da pesquisa ecológica da bacia e retorno dessas informações, geradas na Universidade (nível hierárquico superior de conhecimento científico), a outros profissionais responsáveis pela ação de recuperação da bacia hidrográfica, e à população em geral, via educação ambiental que atinja o 1º e 2º graus escolares, amplificando-se assim a efetividade das medidas ecológicas adotadas.
Heterogeneidade Espacial (sensu ODUM, 1969 e HABER, 1990)	Na adoção de modelos espaciais, a nível de paisagem, que harmonizem as funções e estruturas ecológicas básicas dos ecossistemas originais da bacia e a dinâmica antrópica de sua utilização.

A P Ê N D I C E B

F I G U R A S

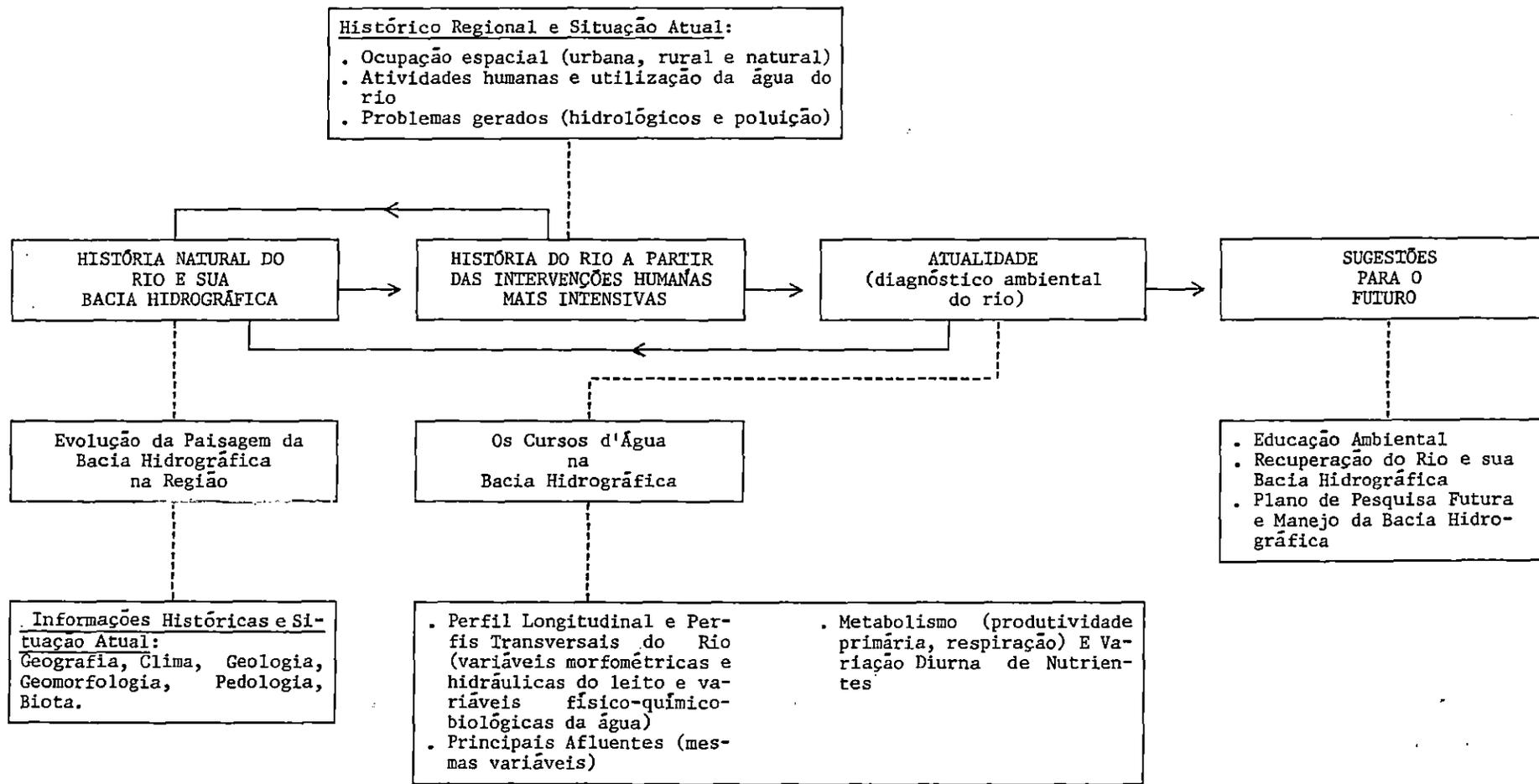


Figura B.1- Estrutura do Trabalho

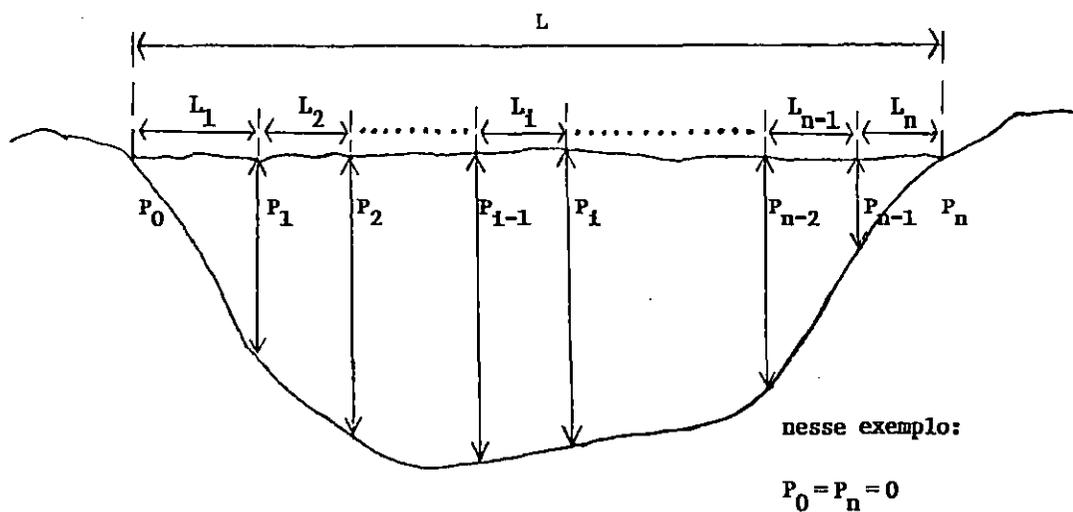


Figura B.2- Seção Transversal do Rio - Método Área-Velocidade para medi-
 das morfométricas e hidráulicas do leito - Convenções no
 texto.

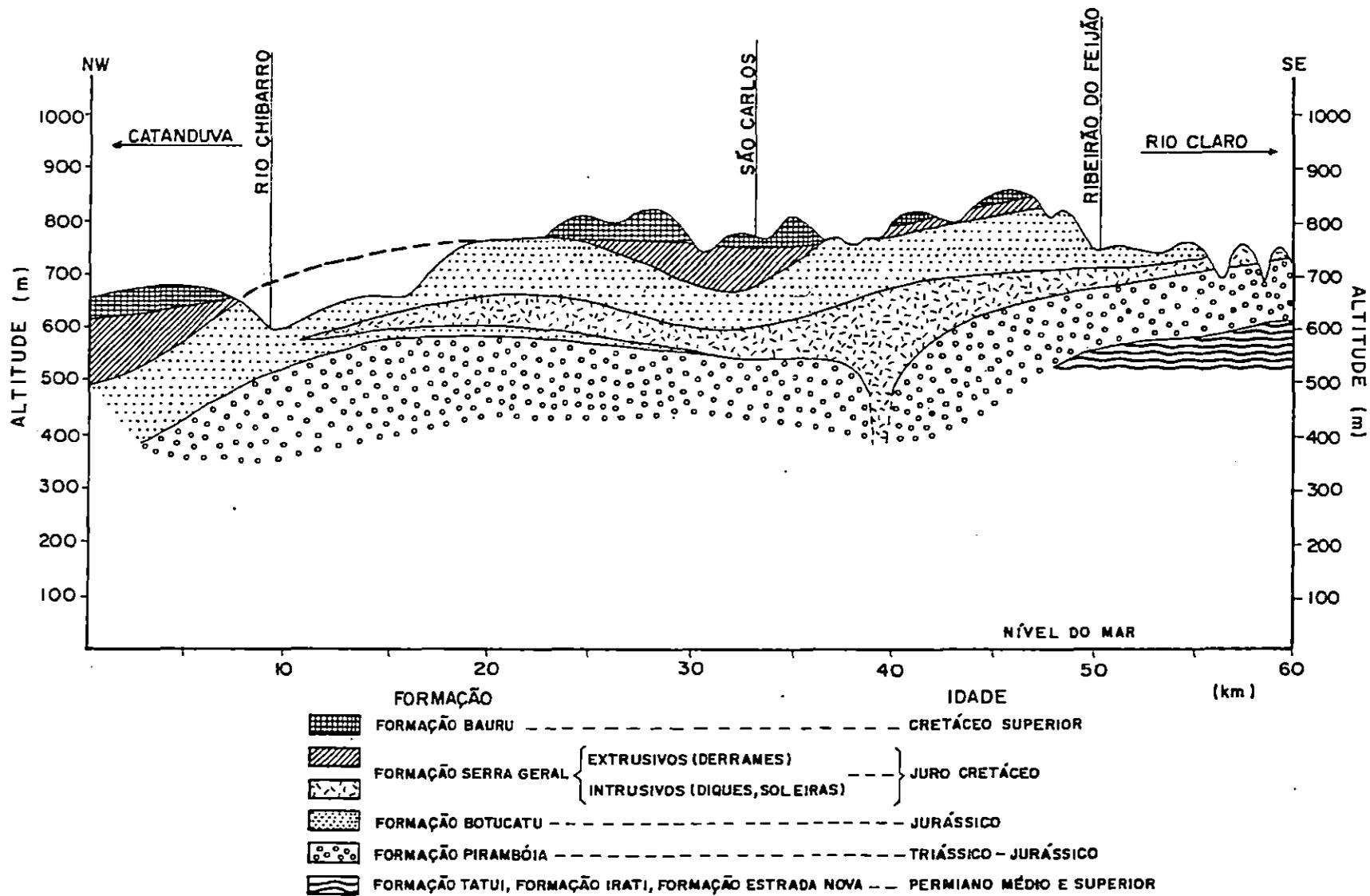


Figura B.3- Seção Geológica Regional na direção NW-SE (DAEE, 1974, adaptado por GONÇALVES, 1986)

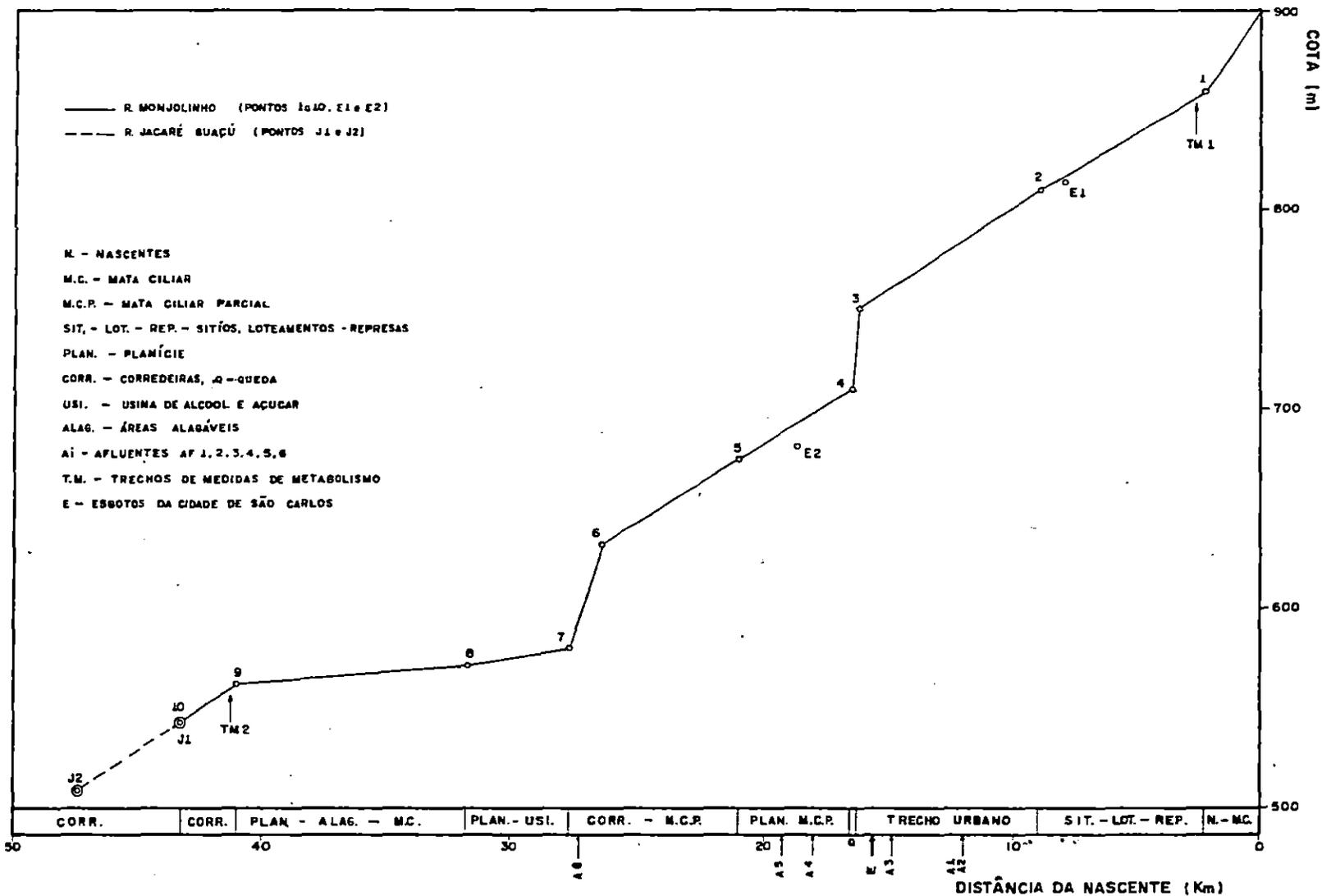


Figura B.4- Perfil Longitudinal Topográfico do Rio do Monjolinho

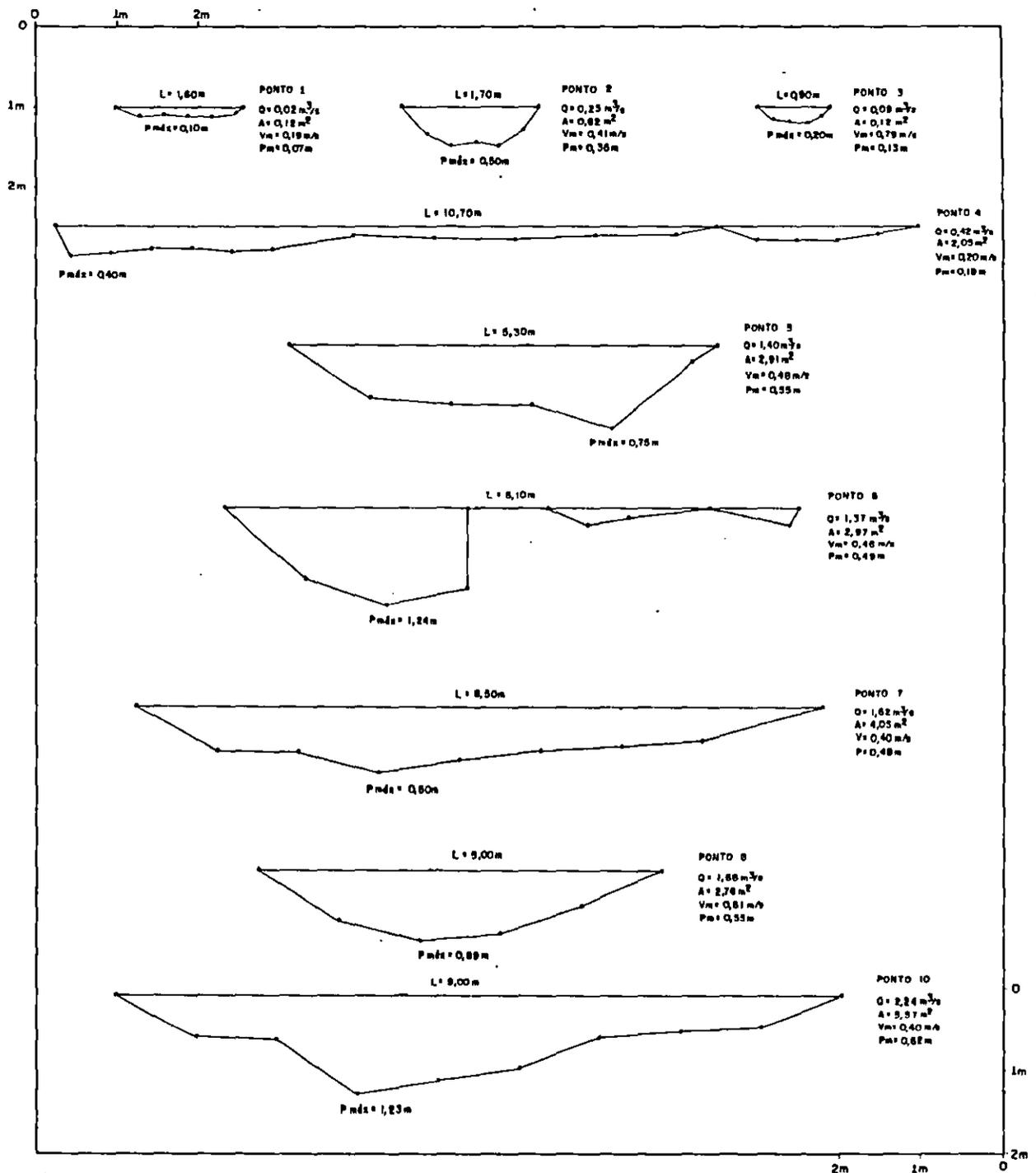


Figura B.5- Medidas Morfométricas e Hidráulicas do Leito do Rio do Monjolinho
- 16 de julho de 1990.

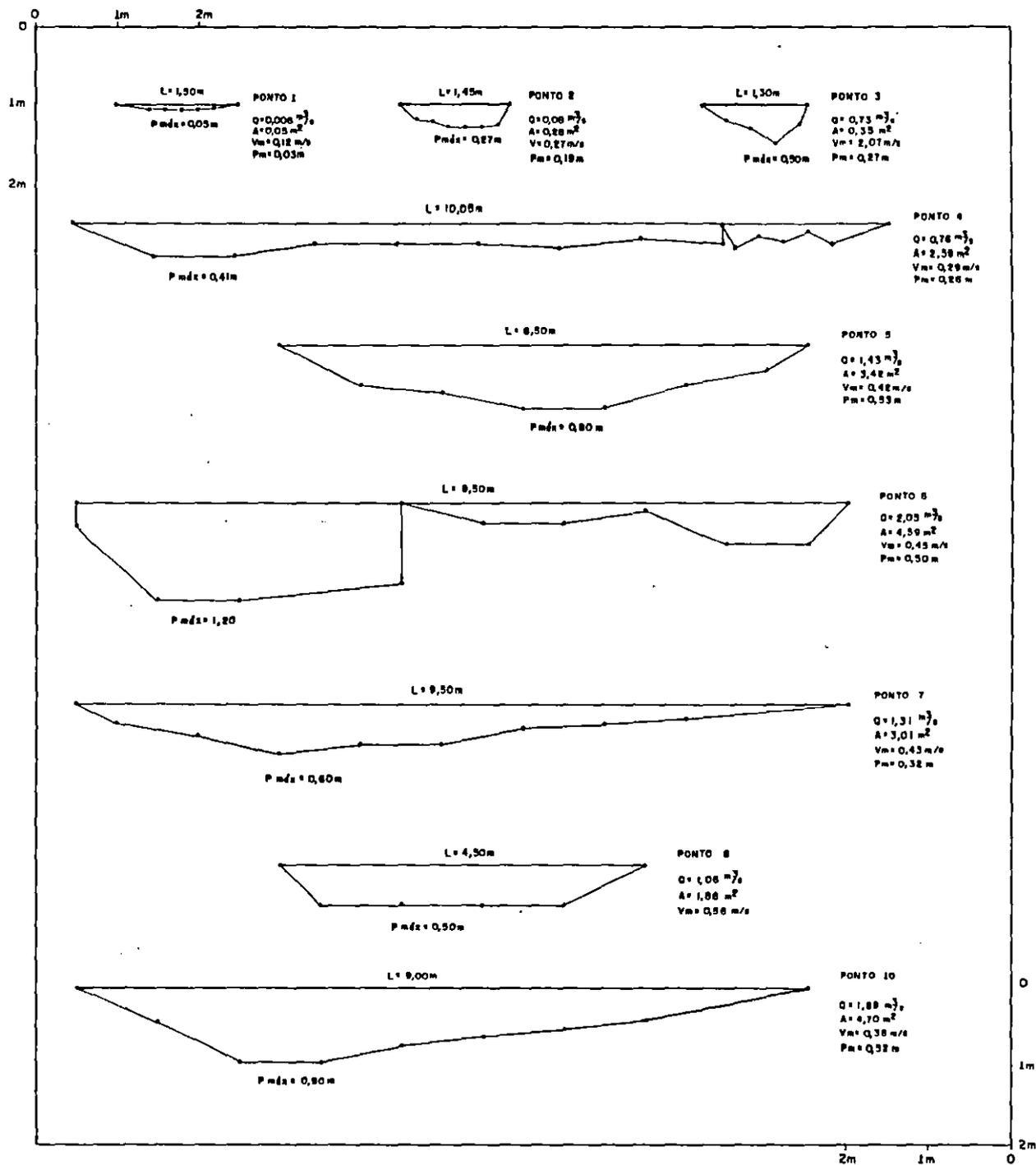


Figura B.6- Medidas Morfométricas e Hidráulicas do Leito do Rio do Monjolinho
- 9 de dezembro de 1990.

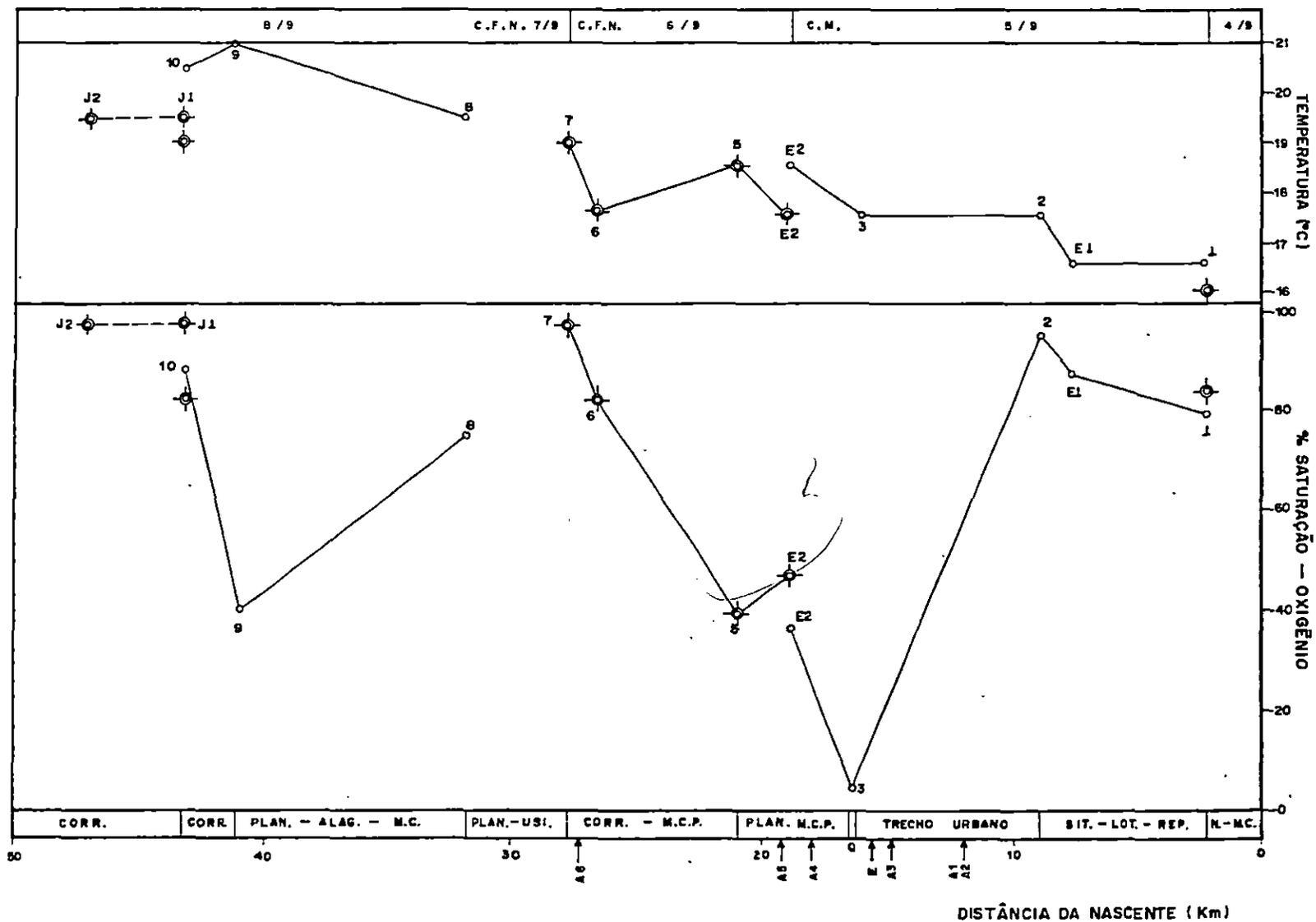


Figura B.7- Perfil Longitudinal (Temperatura da Água e % Saturação em Oxigênio) do Rio do Monjolinho - 4 a 8 de Setembro de 1989.
 Onde: C.M. - chuva pela manhã; C.F.N. - chuva forte à noite; outras convenções, as mesmas da Figura B.4.

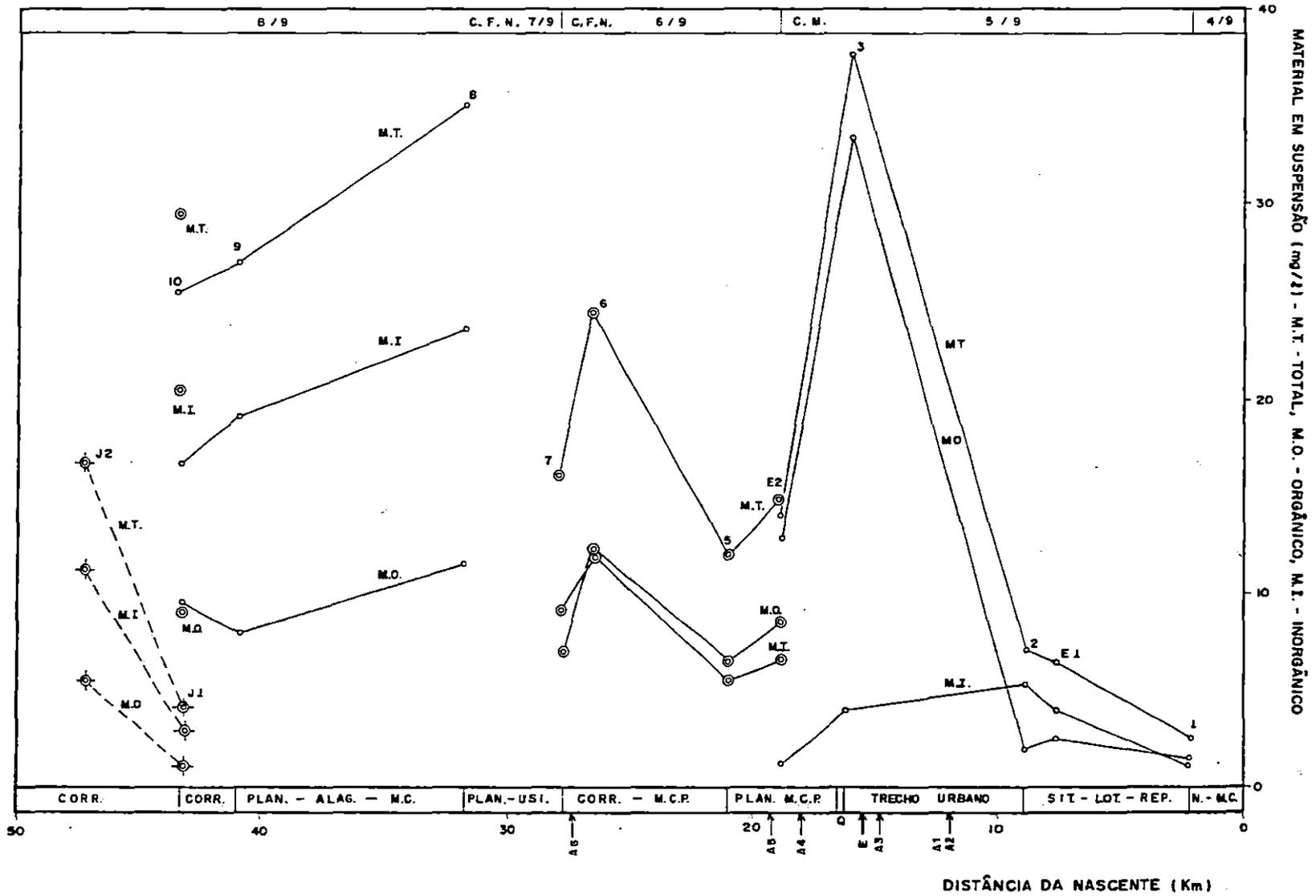


Figura B.8- Perfil Longitudinal (Material em Suspensão Total, Orgânico e Inorgânico) do Rio do Monjolinho - 4 a 8 de Setembro de 1989.
 Convenções: as mesmas da Figura B.7

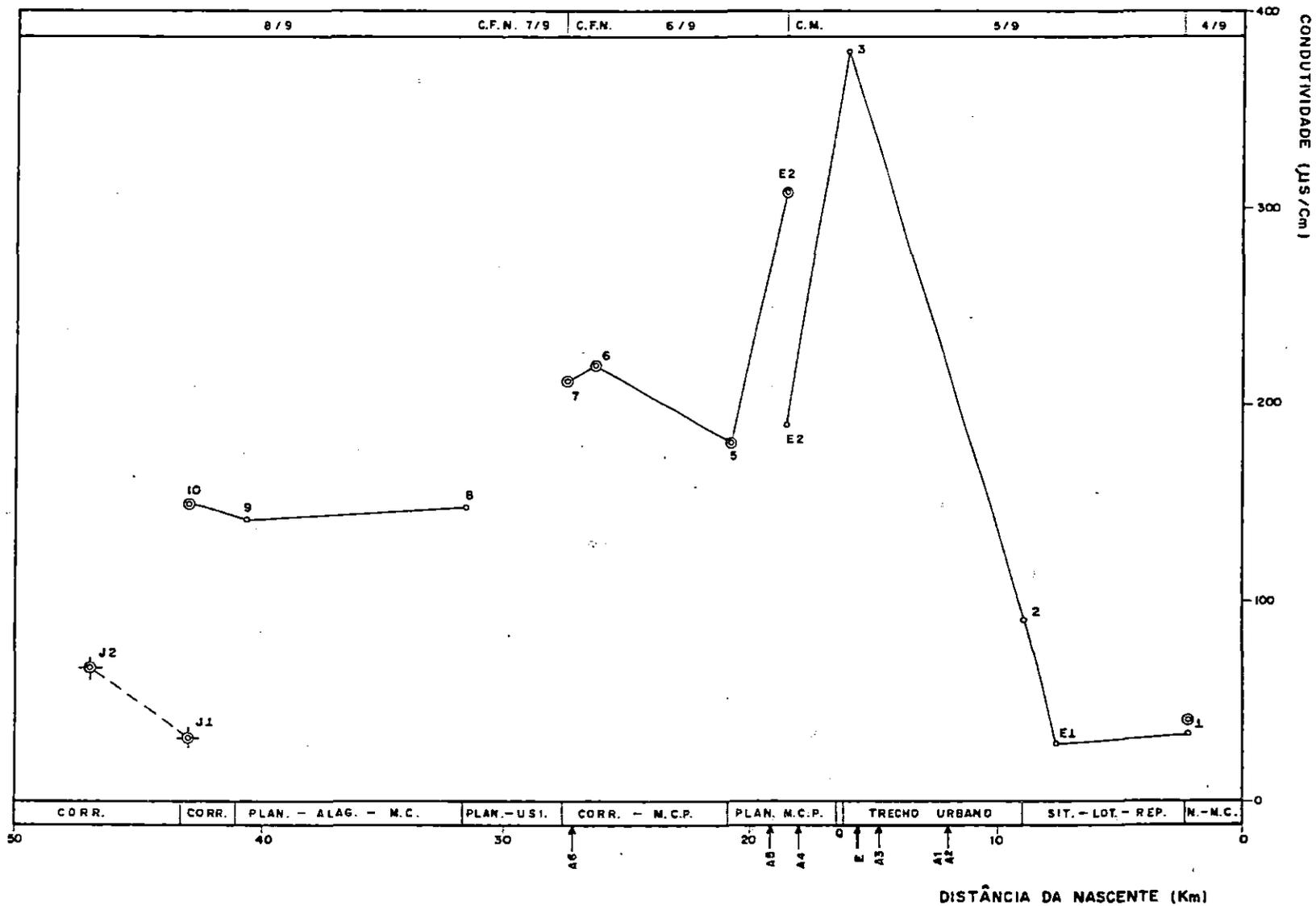


Figura B.9- Perfil Longitudinal (Condutividade) do Rio do Monjolinho - 4 a 8 de Setembro de 1989.
 Convenções: as mesmas da Figura B.7

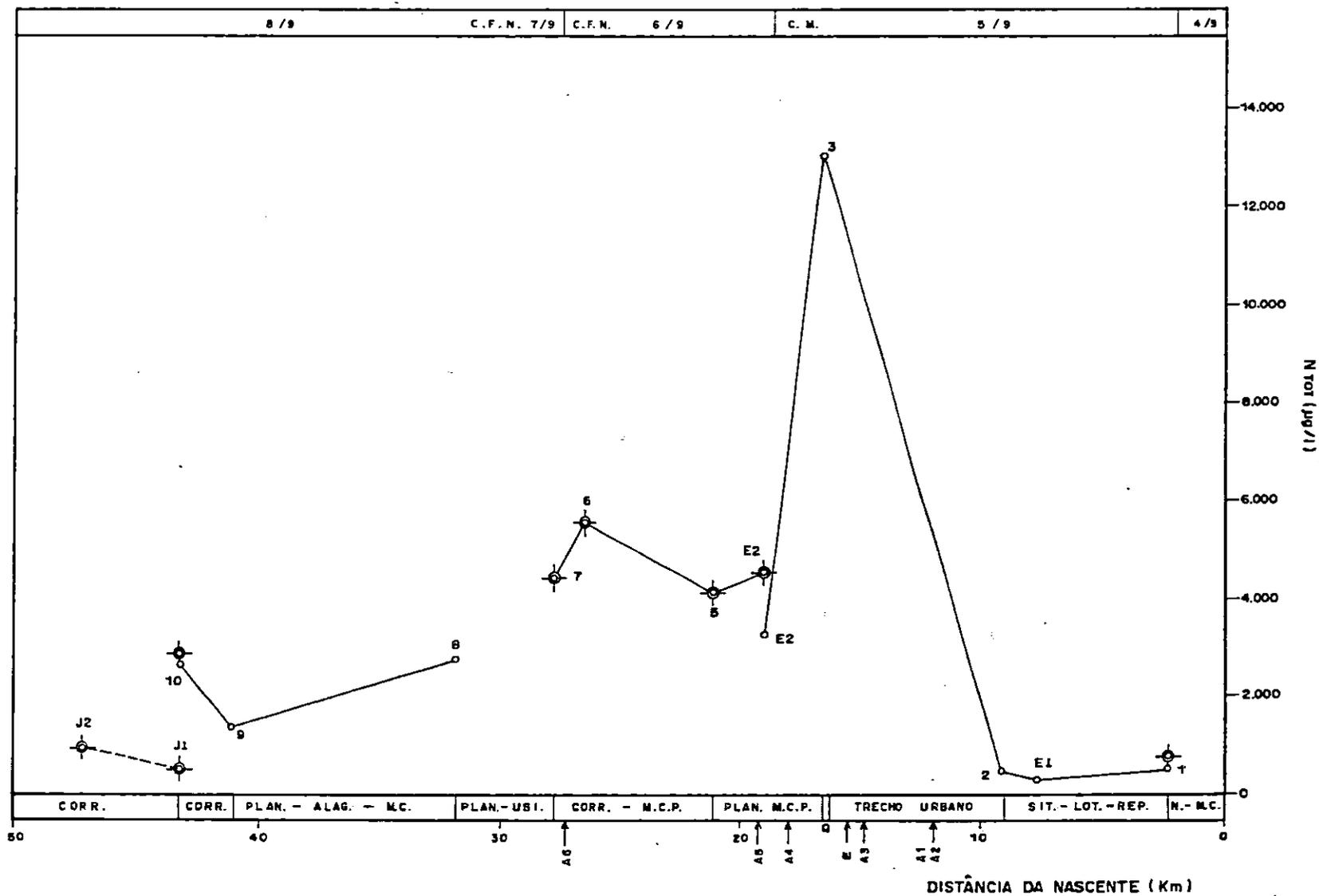


Figura B.10- Perfil Longitudinal ((Nitrogênio Total) do Rio do Monjolinho - 4 a 8 de Setembro de 1989.
 Convenções: as mesmas da Figura B.7

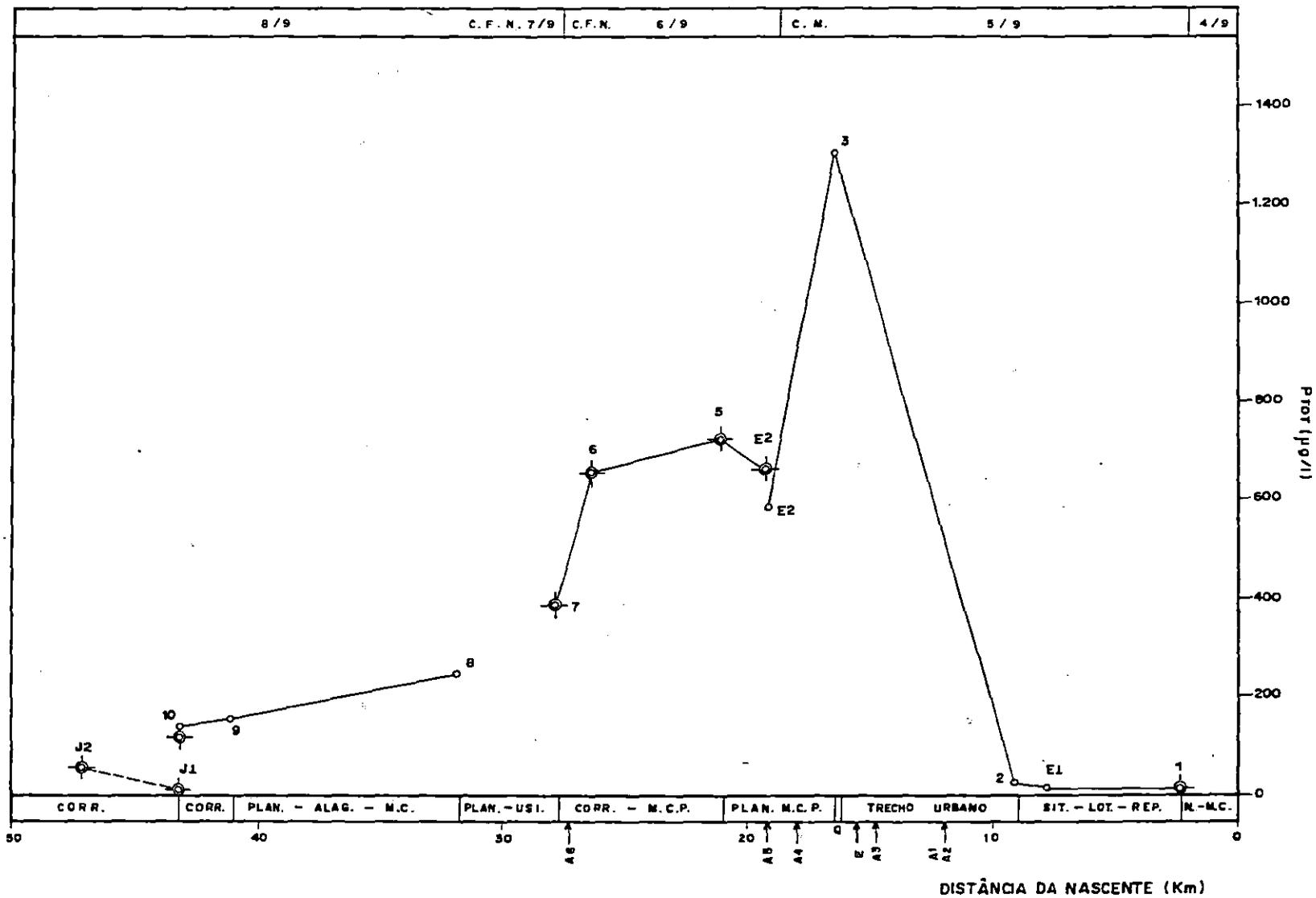


Figura B.11- Perfil Longitudinal (Fósforo Total) do Rio do Monjolinho - 4 a 8 de Setembro de 1989.
 Convenções: as mesmas da Figura B.7

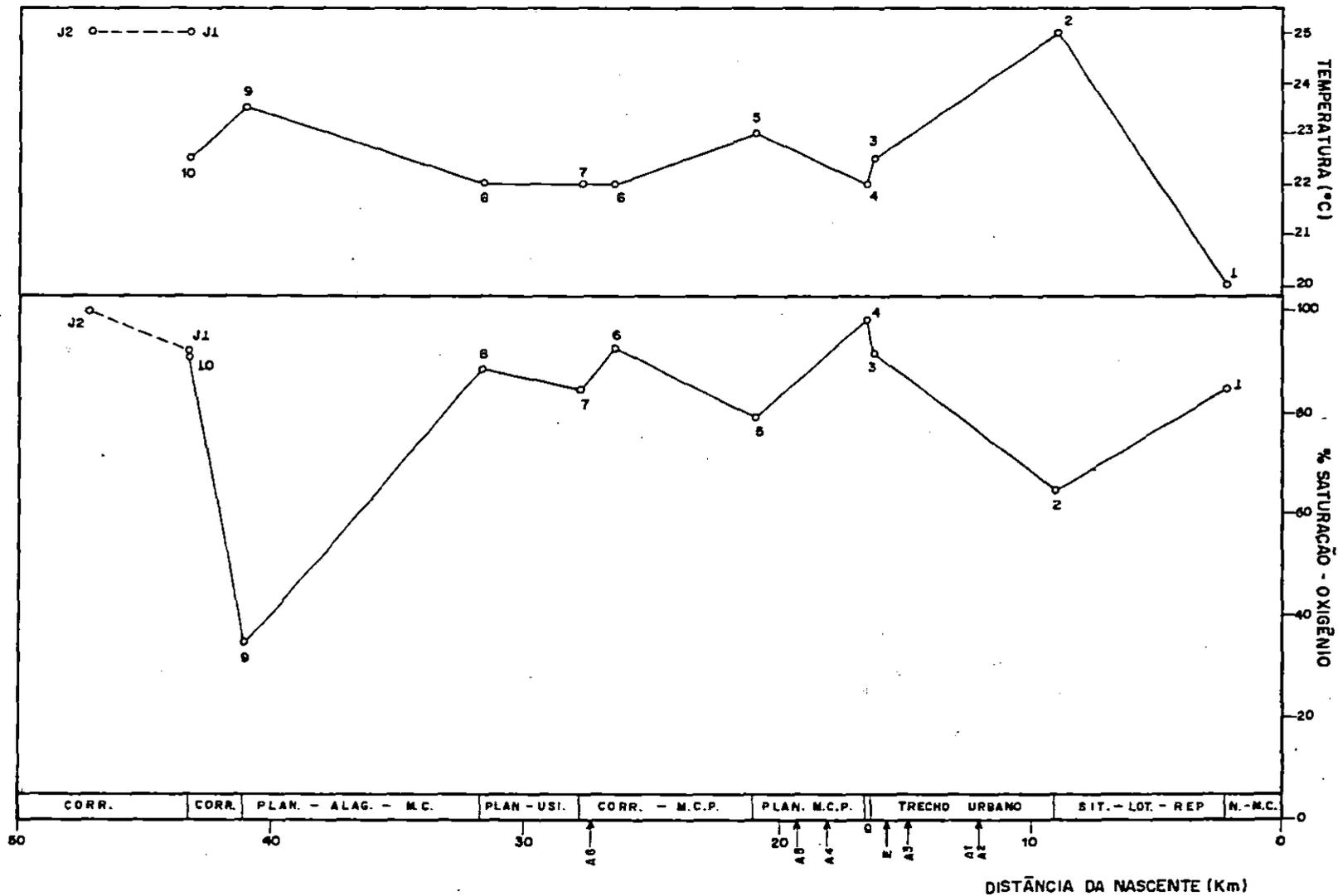


Figura B.12- Perfil Longitudinal (Temperatura da Água e % Saturação em Oxigênio) do Rio do Monjolinho - 24 de Janeiro de 1990.
 Convenções: as mesmas da Figura B.4

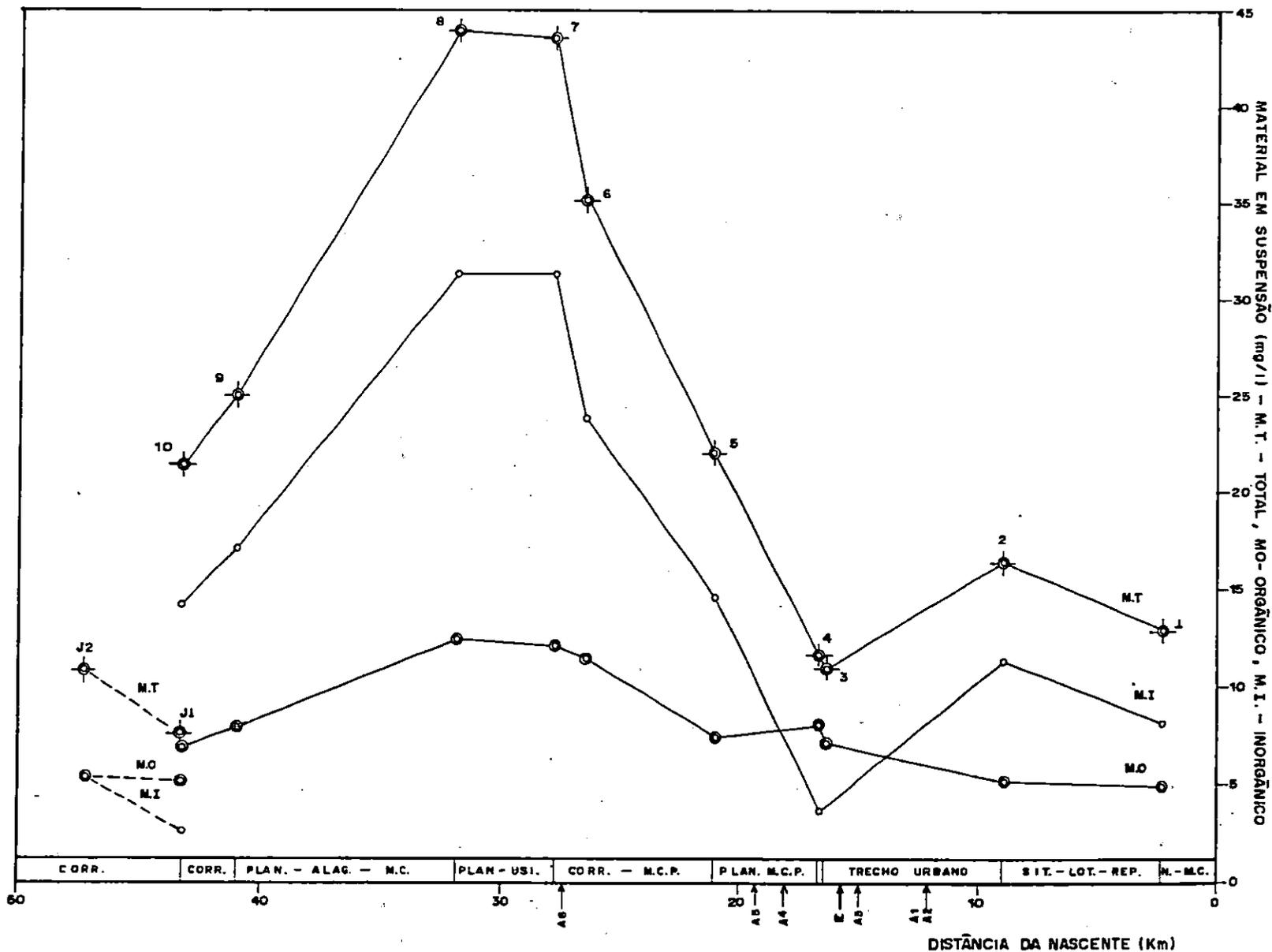


Figura B.13- Perfil Longitudinal (Material em Suspensão Total, Orgânico e Inorgânico) do Rio do Monjolinho - 24 de Janeiro de 1990.
 Convenções: as mesmas da Figura B.4

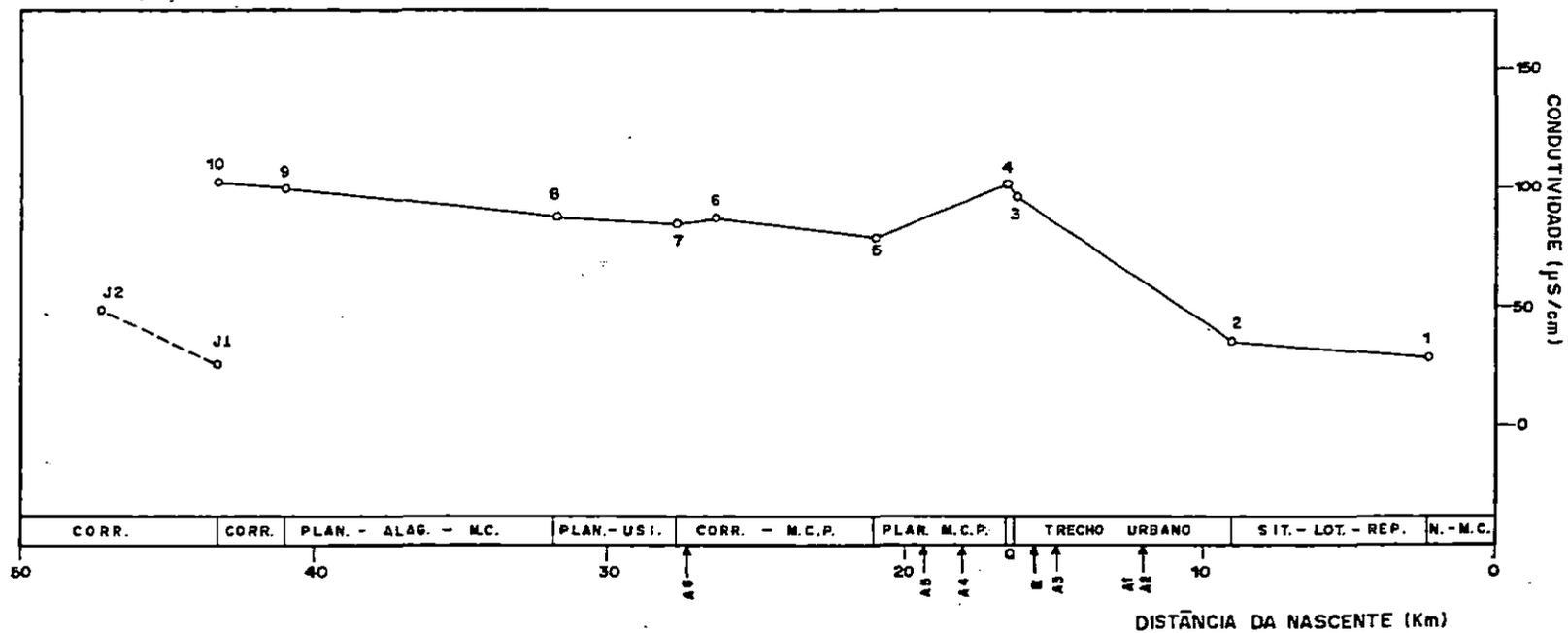


Figura B.14- Perfil Longitudinal (Condutividade) do Rio do Monjolinho - 24 de Janeiro de 1990.
 Convenções: as mesmas da Figura B.4

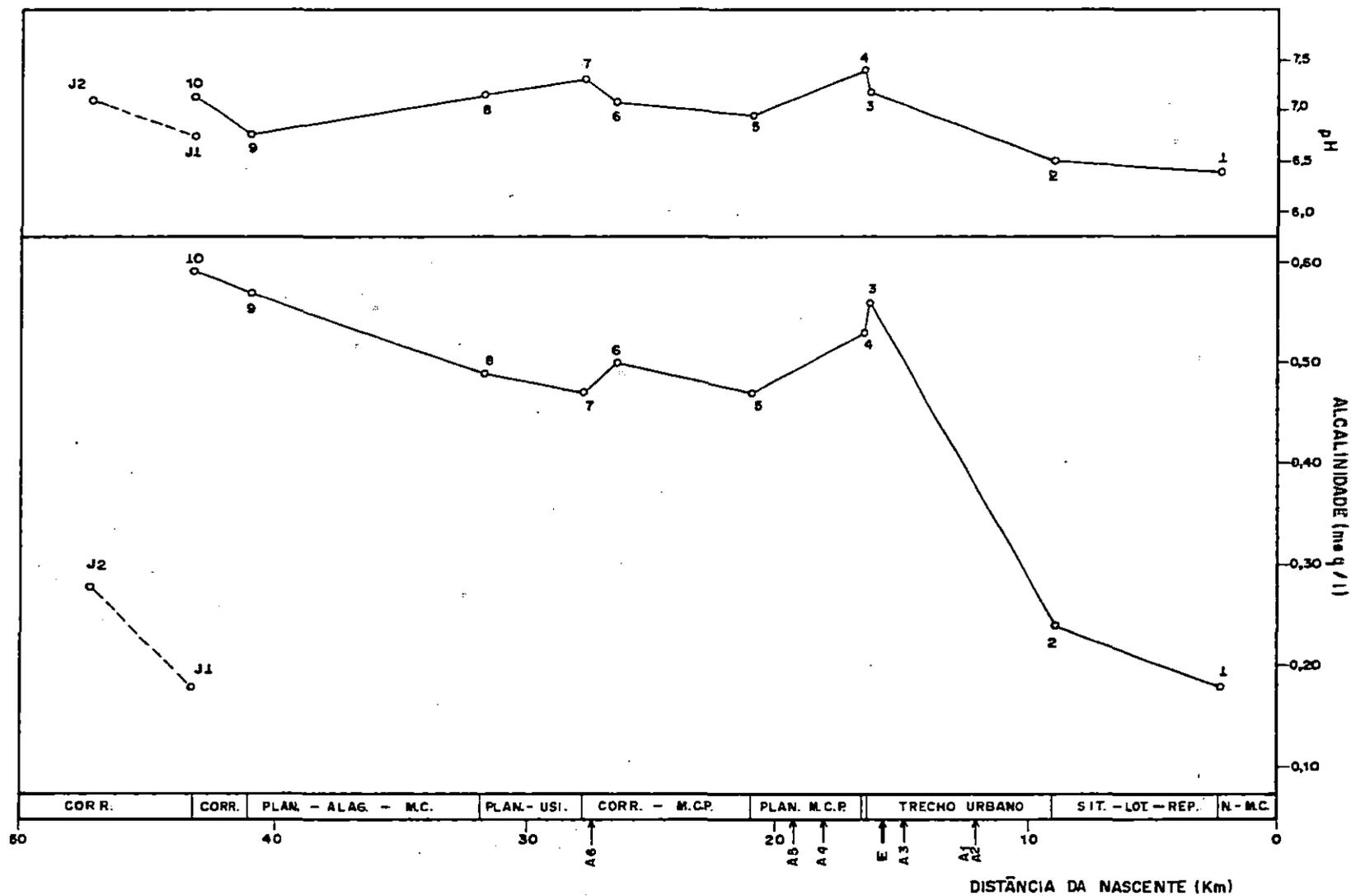


Figura B.15- Perfil Longitudinal (pH e Alcalinidade) do Rio do Monjolinho - 24 de Janeiro de 1990.
 Convenções: as mesmas da Figura B.4

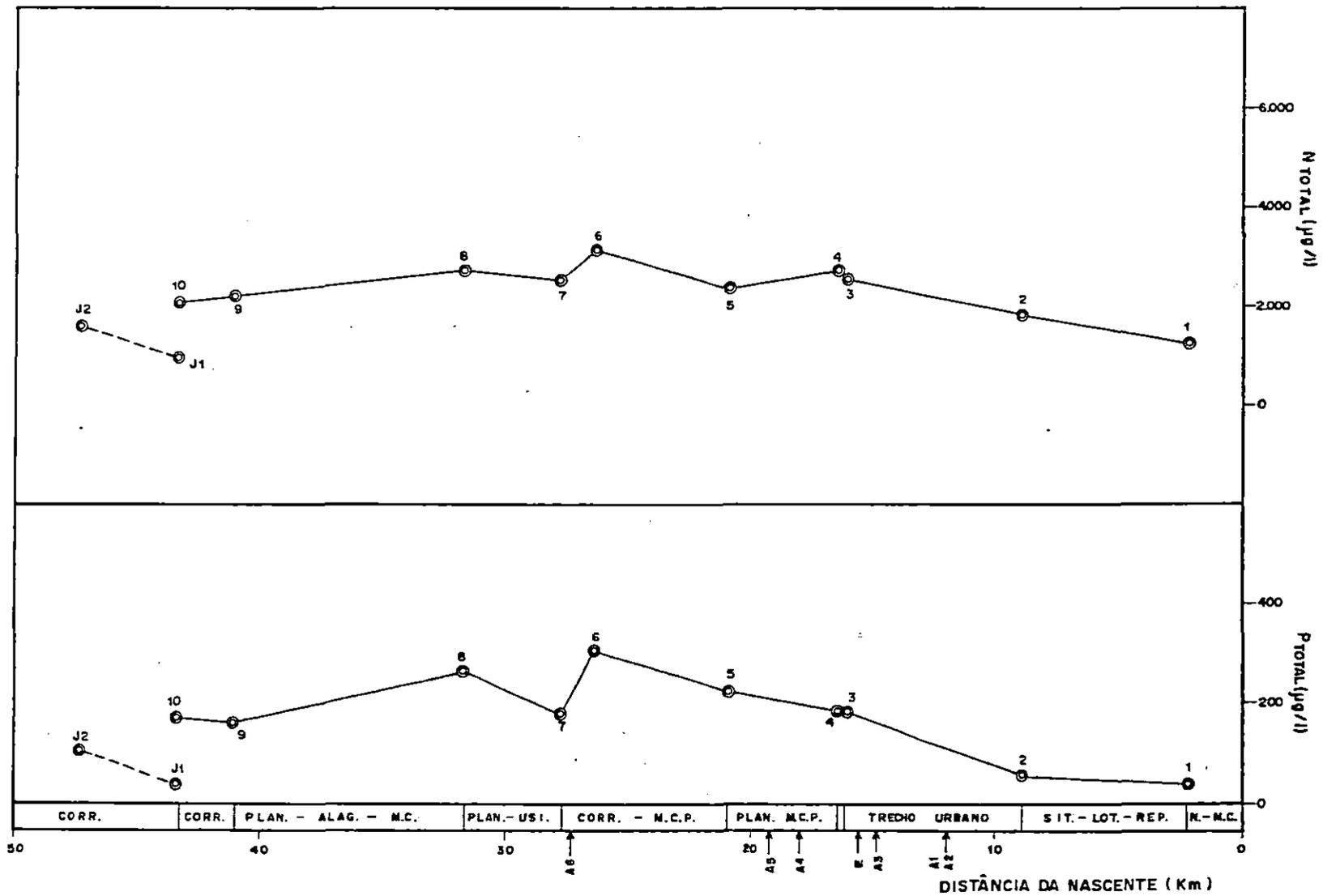


Figura B.16- Perfil Longitudinal (Nitrogênio Total e Fósforo Total) do Rio do Monjolinho - 24 de Janeiro de 1990.
 Convenções: as mesmas da Figura B.4

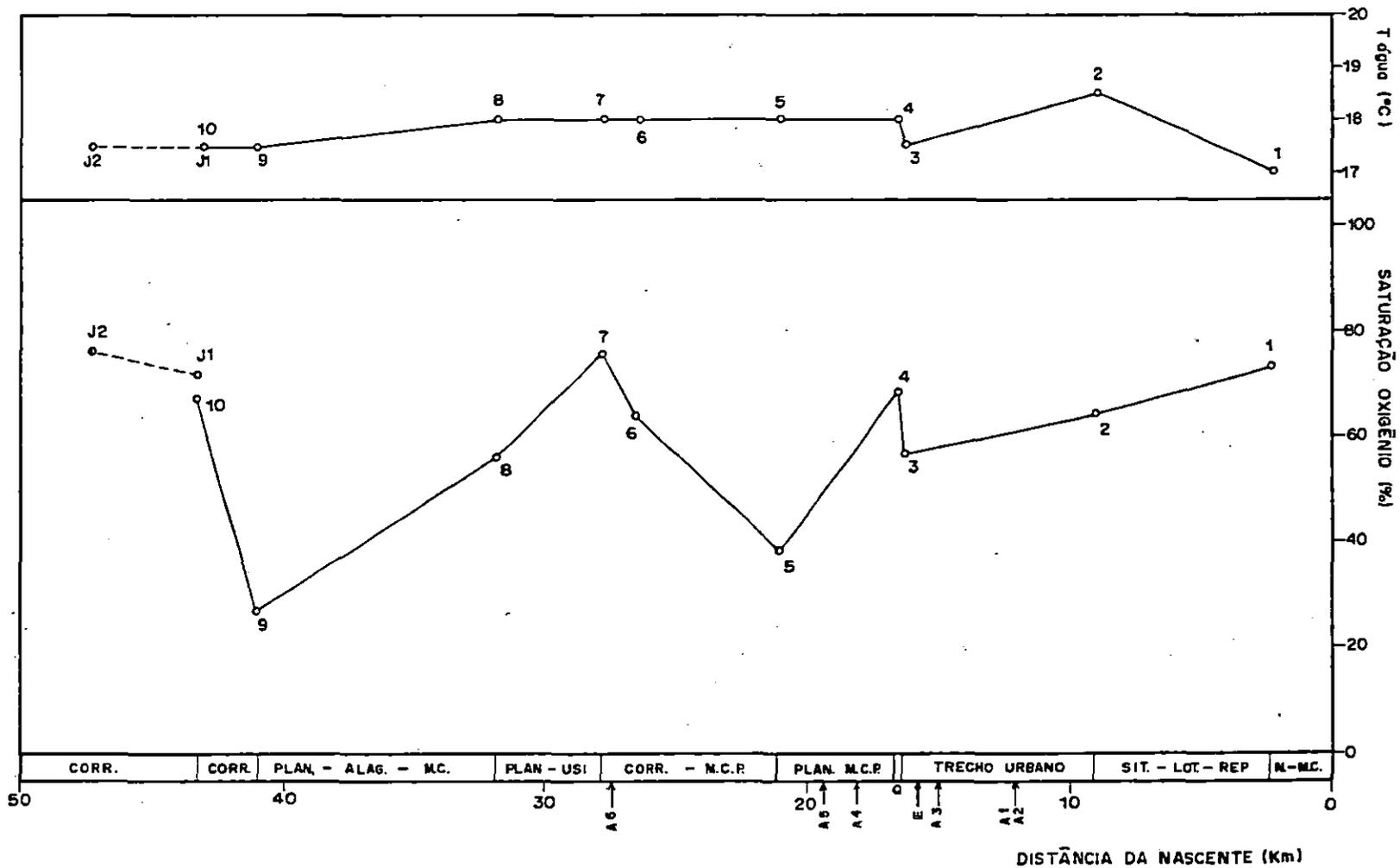


Figura B.17- Perfil Longitudinal (Temperatura da Água e % Saturação em Oxigênio) do Rio do Monjolinho - 18 de Julho de 1990.

Convenções: as mesmas da Figura B.4

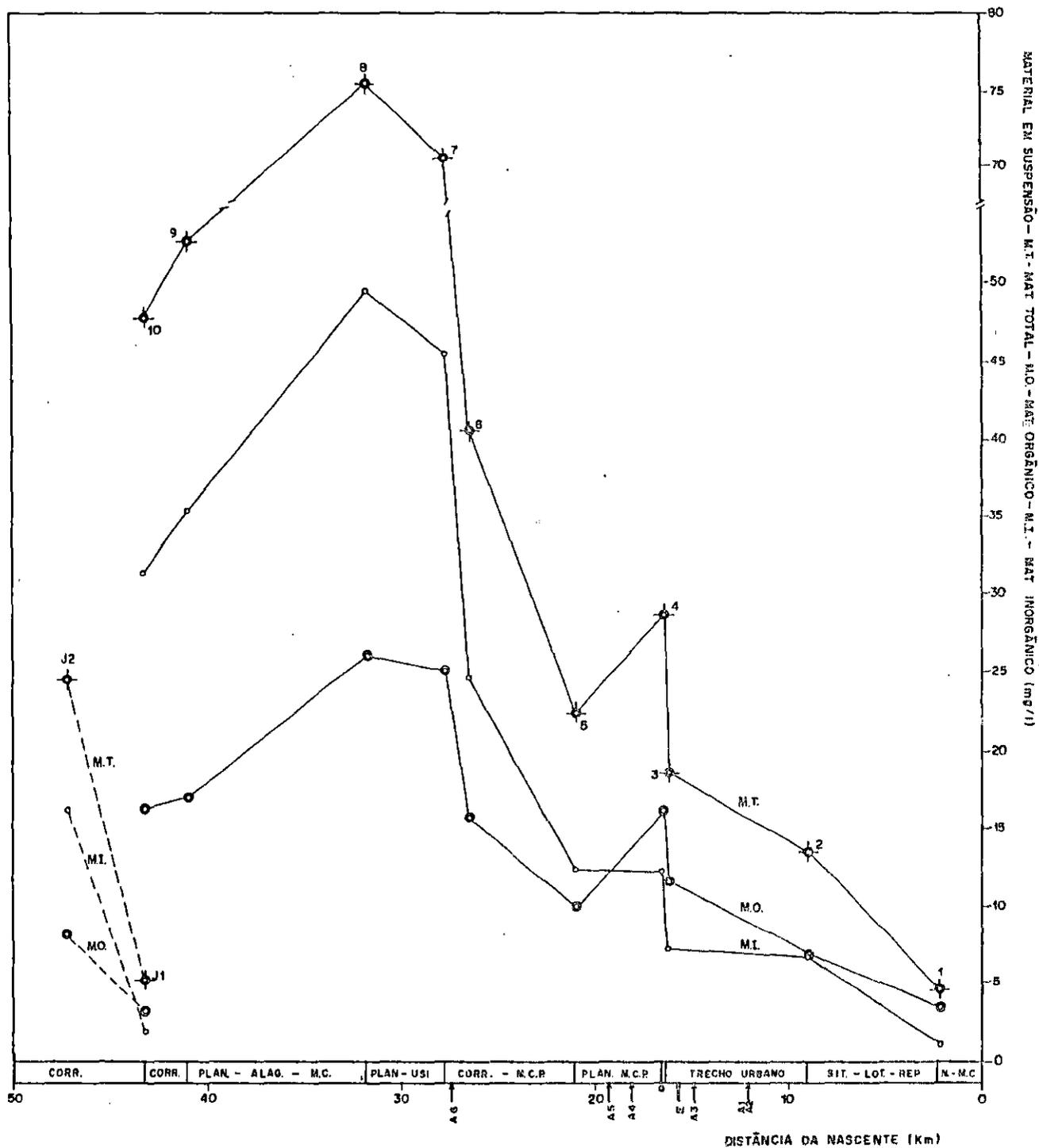


Figura B.18- Perfil Longitudinal (Material em Suspensão Total, Orgânico e Inorgânico) do Rio do Monjolinho - 18 de Julho de 1990.
 Convenções: as mesmas da Figura B.4

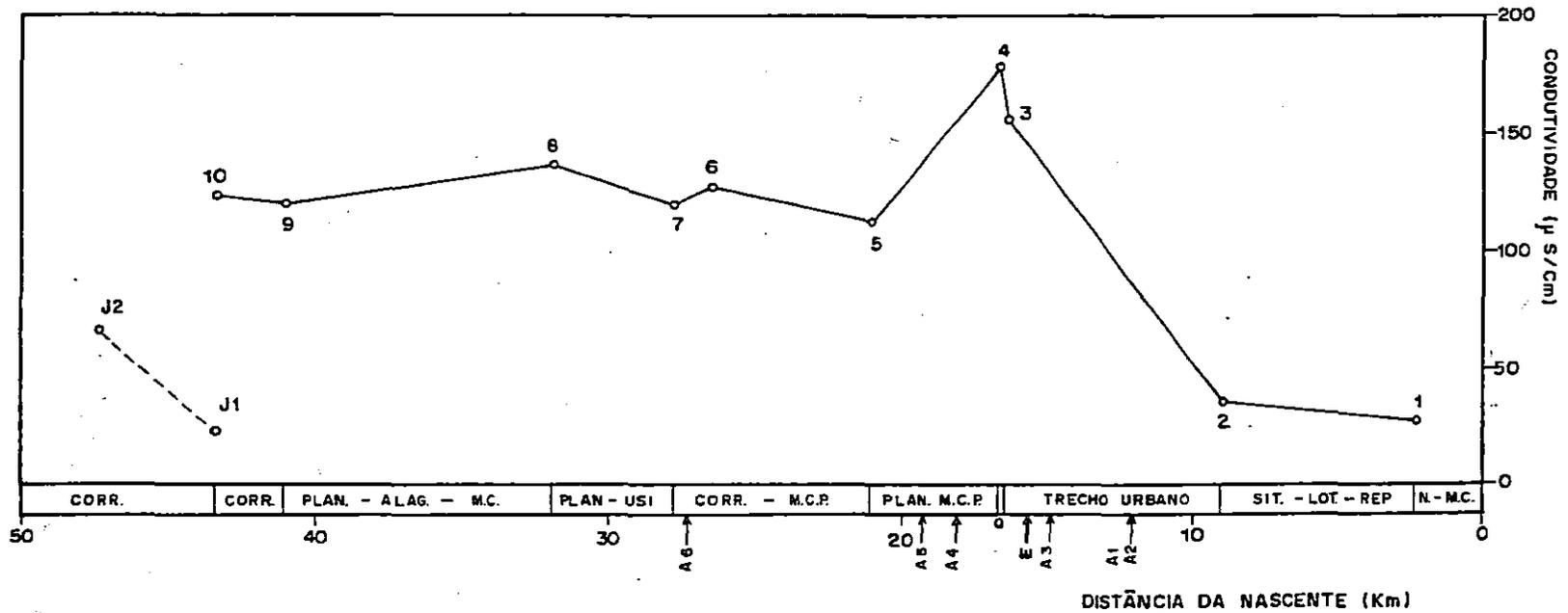


Figura B.19- Perfil Longitudinal (Condutividade) do Rio do Monjolinho - 18 de Julho de 1990.
 Convenções: as mesmas da Figura B.4

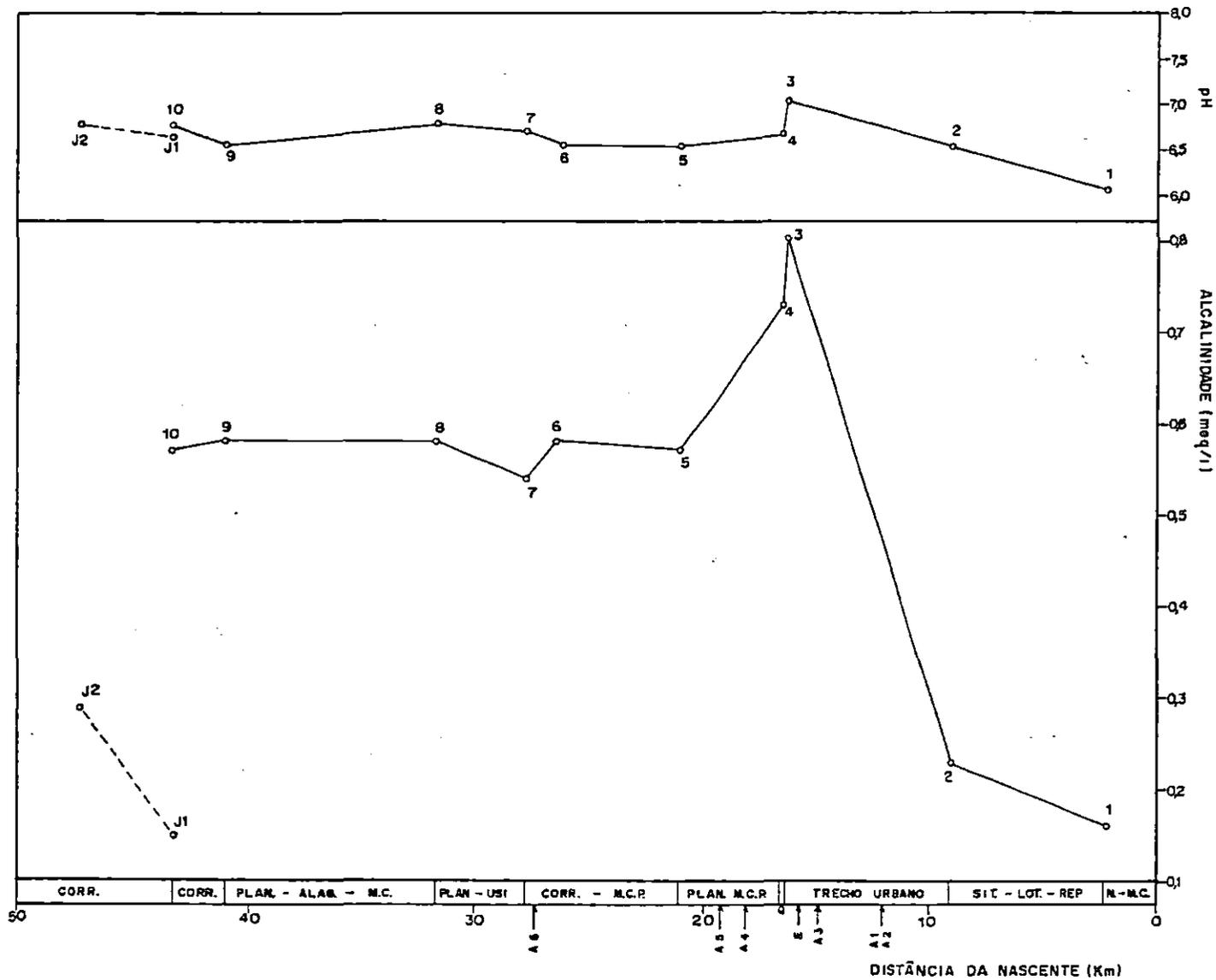


Figura B.20- Perfil Longitudinal (pH e Alcalinidade) do Rio do Monjolinho - 18 de Julho de 1990.
 Convenções: as mesmas da Figura B.4

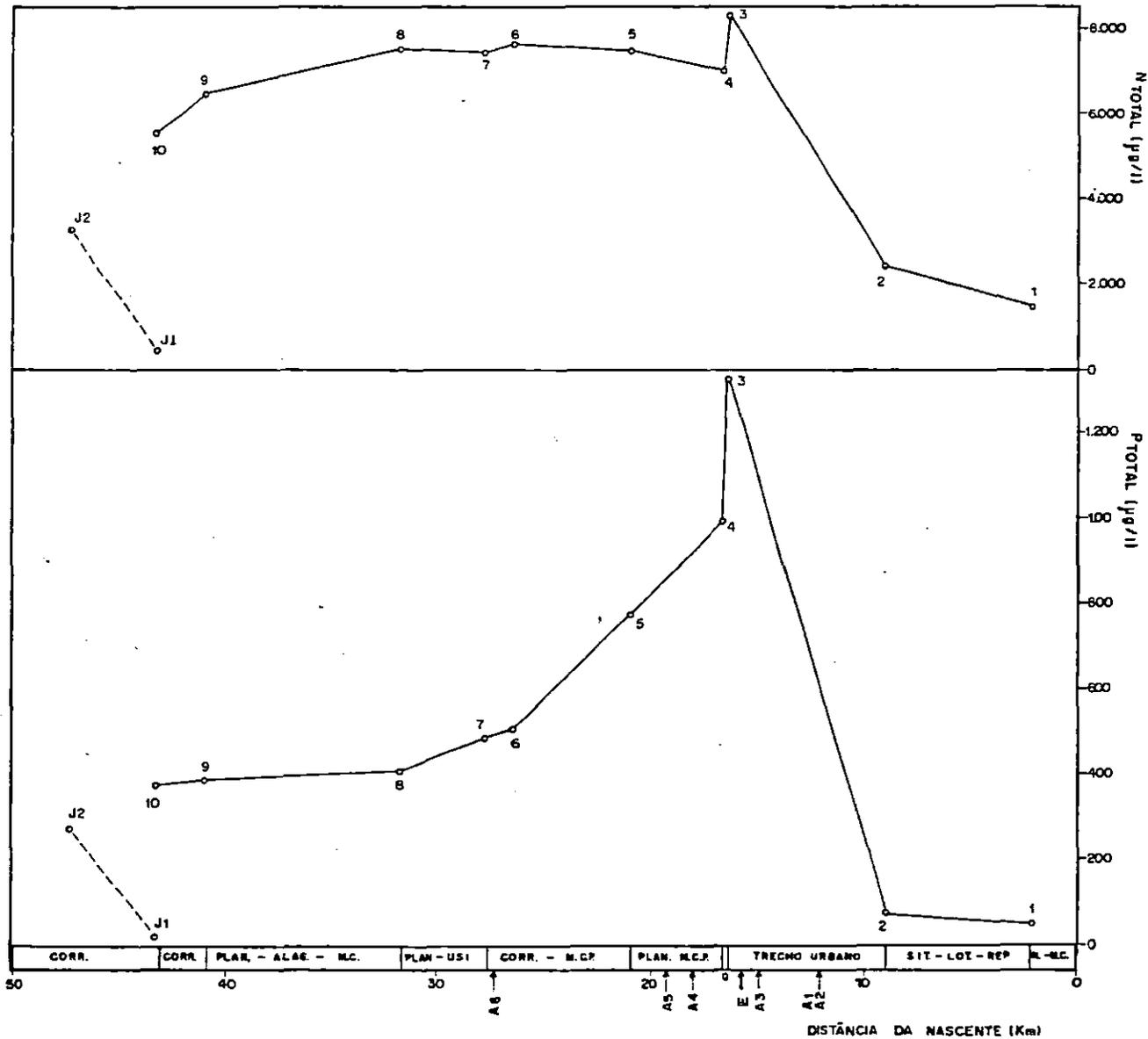


Figura B.21- Perfil Longitudinal (Nitrogênio Total e Fósforo Total) do Rio do Monjolinho - 18 de Julho de 1990.
 Convenções: as mesmas da Figura B.4

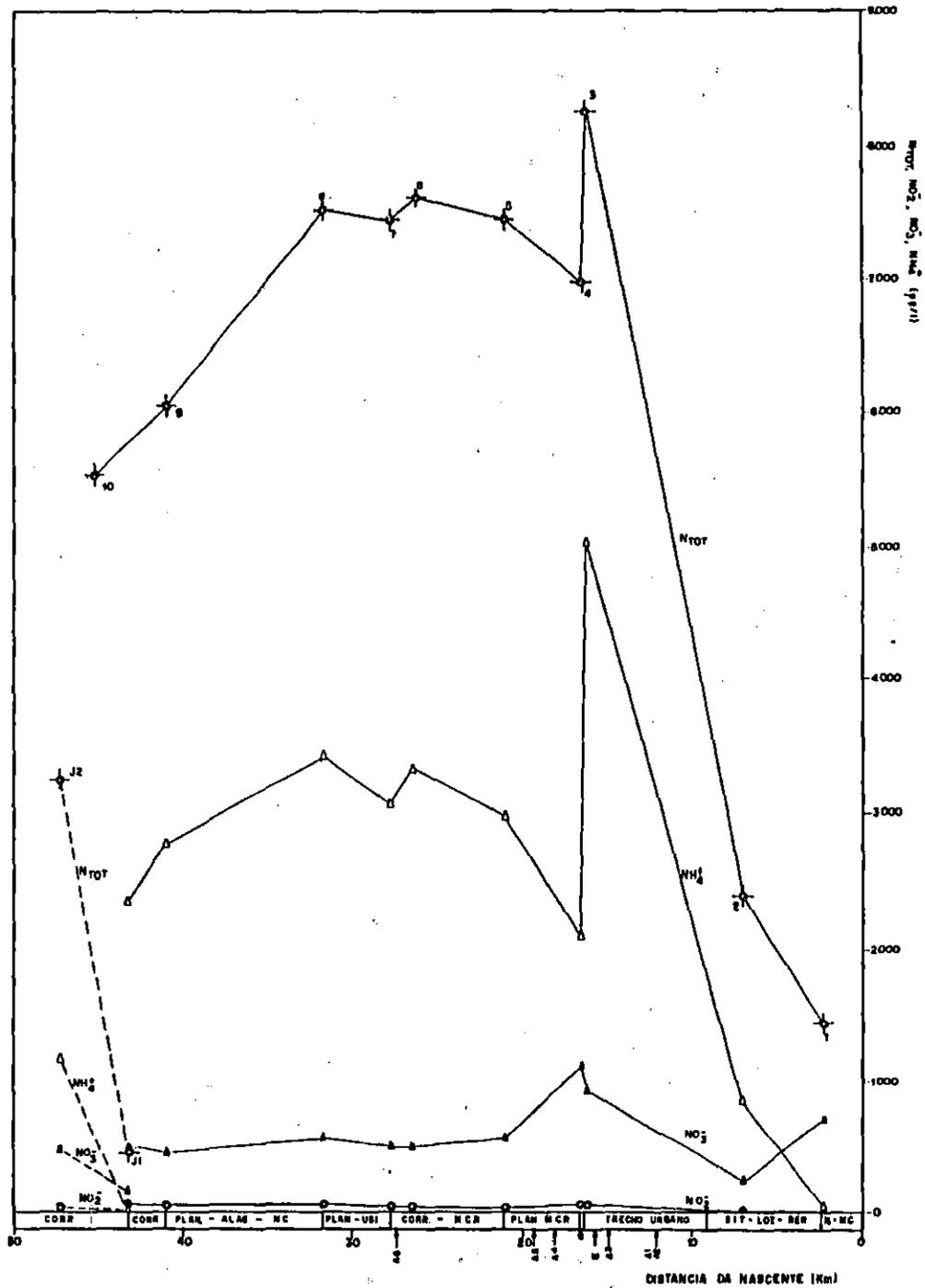


Figura B.22- Perfil Longitudinal (Nitrogênio Total, Amônio, Nitrato e Nitrito) do Rio do Monjolinho - 18 de Julho de 1990. Convenções: as mesmas da Figura B.4

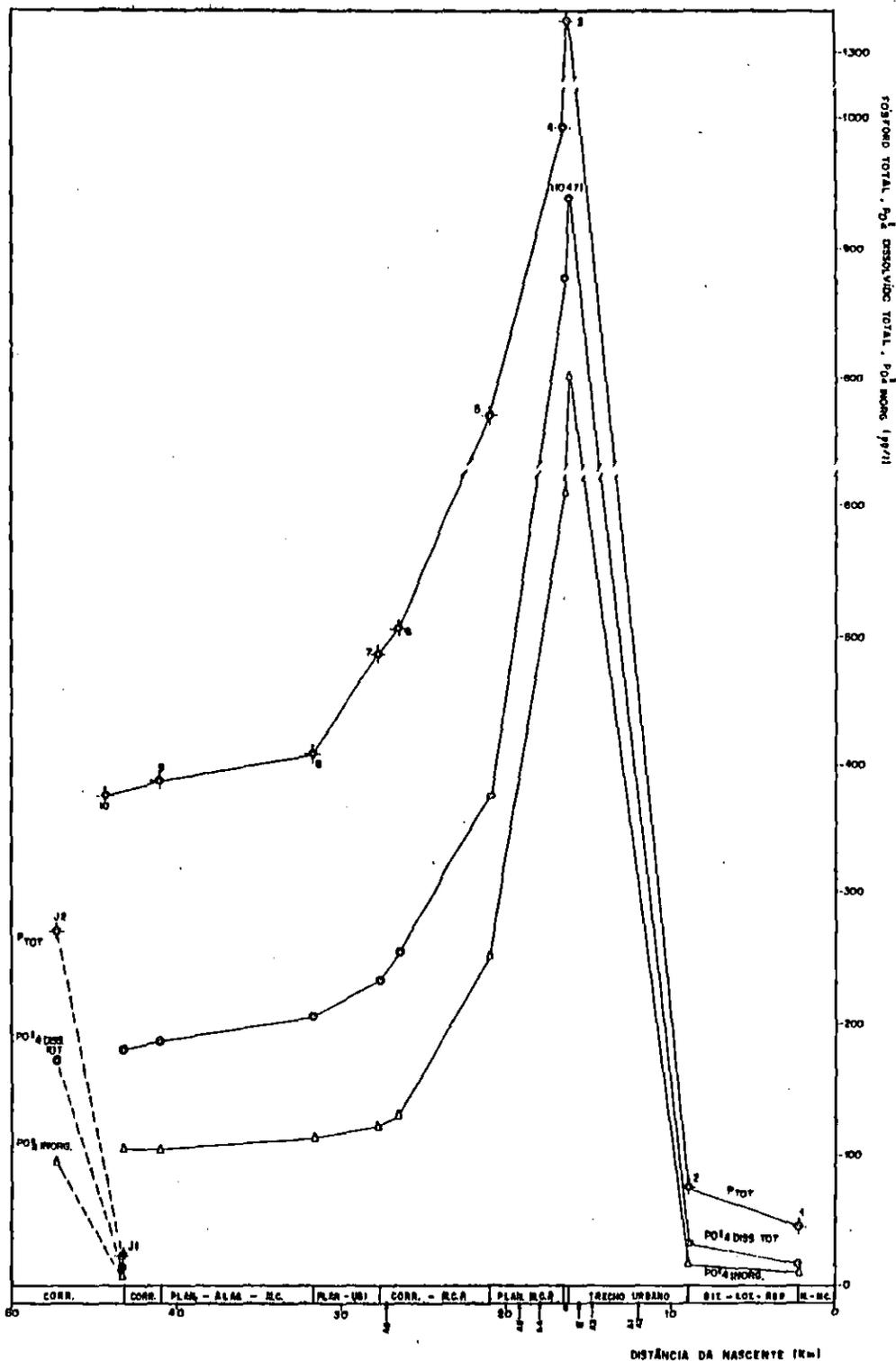


Figura B.23- Perfil Longitudinal (Fósforo Total, Fosfato Dissolvido Total e Fosfato Inorgânico) do Rio do Monjolinho - 18 de Julho de 1990.

Convenções: as mesmas da Figura B.4

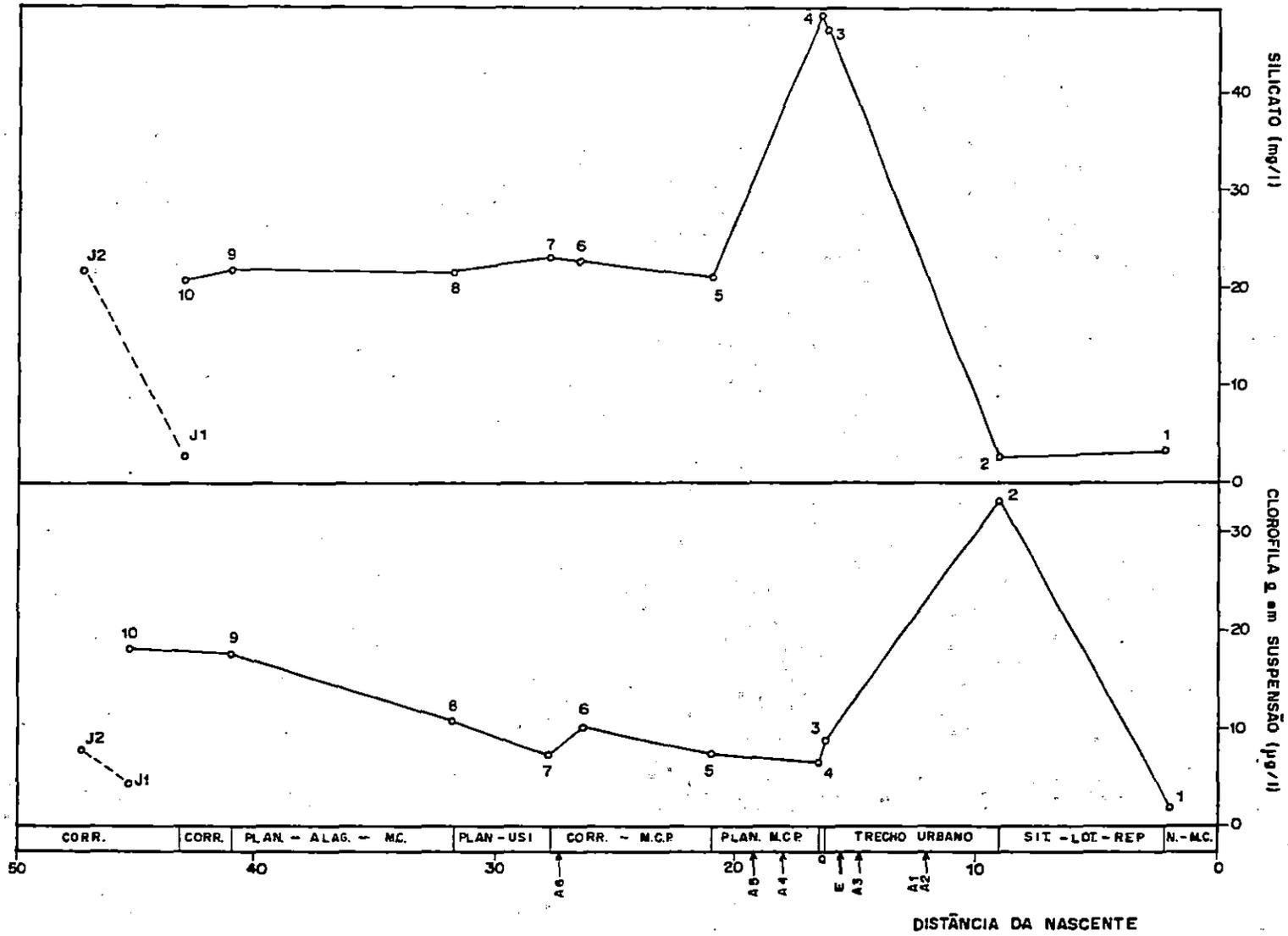


Figura B.24- Perfil Longitudinal (Silicato reativo ao Molibdato e Clorofila a Total em Suspensão) do Rio do Monjolinho - 18 de Julho de 1990.
 Convenções: as mesmas da Figura B.4

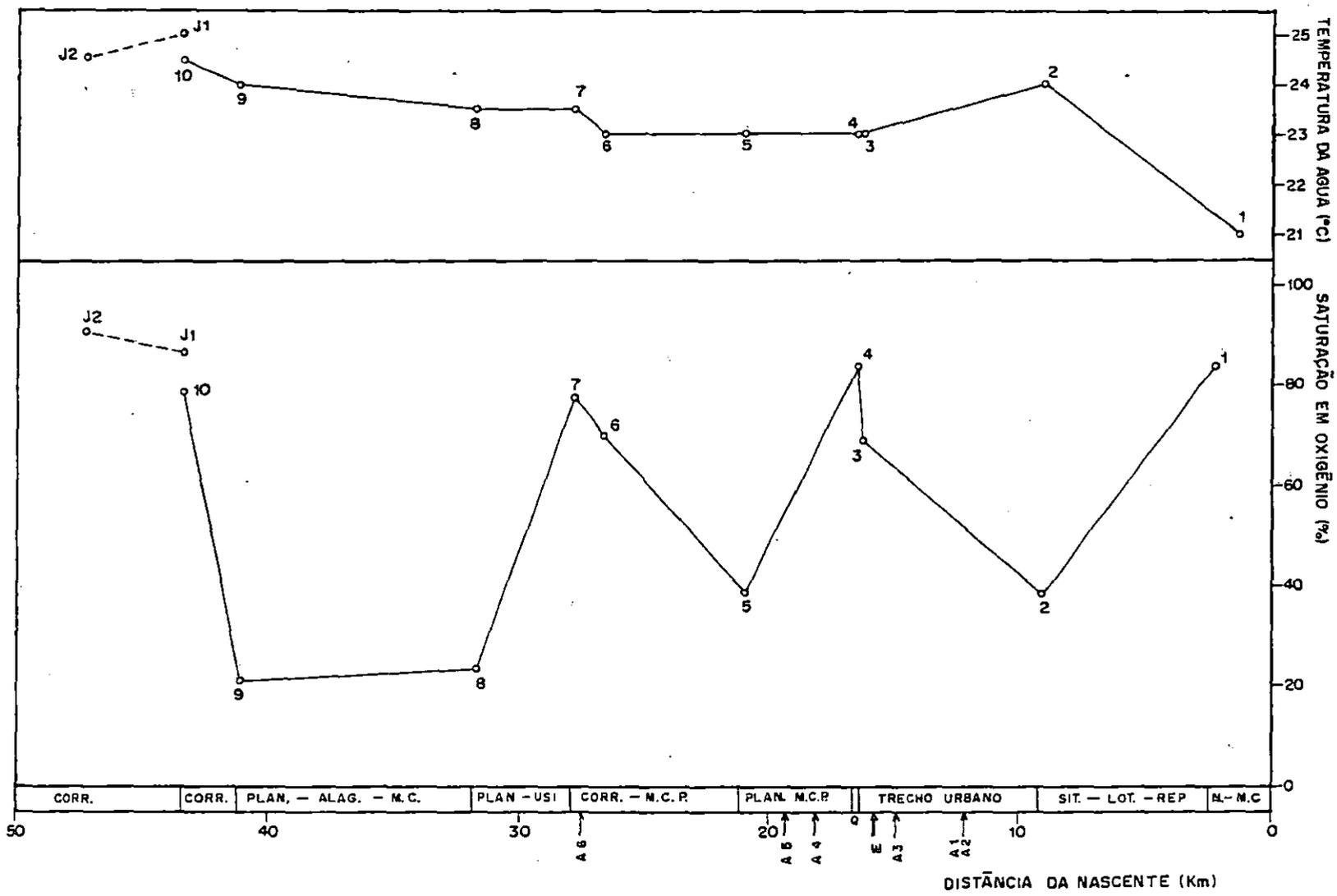


Figura B.25- Perfil Longitudinal (Temperatura da Água e % Saturação em Oxigênio) do Rio do Monjolinho - 10 de Dezembro de 1990.
 Convenções: as mesmas da Figura B.4

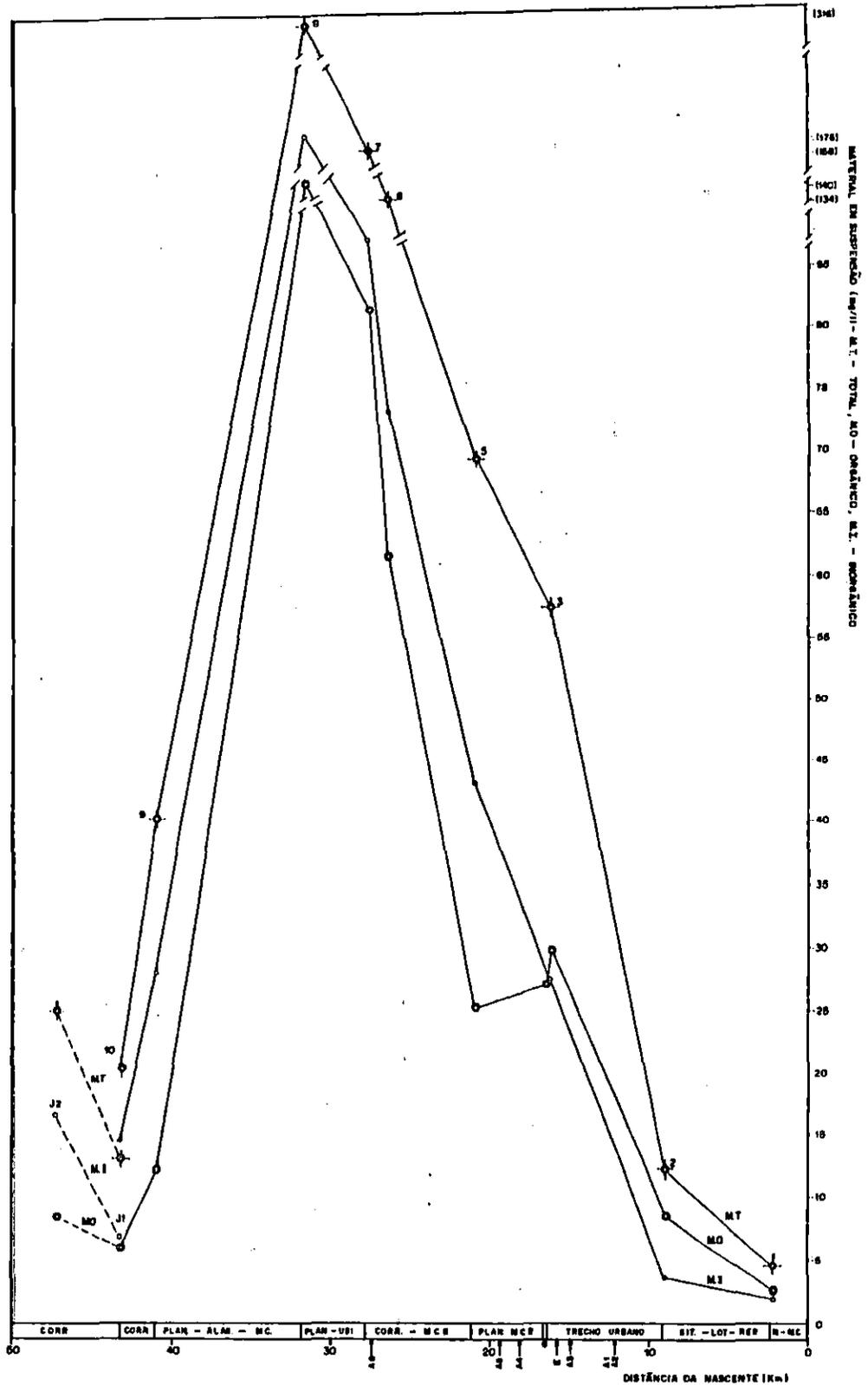


Figura B.26- Perfil Longitudinal (Material em Suspensão Total, Orgânico e Inorgânico) do Rio do Monjolinho - 10 de Dezembro de 1990. Convenções: as mesmas da Figura B.4

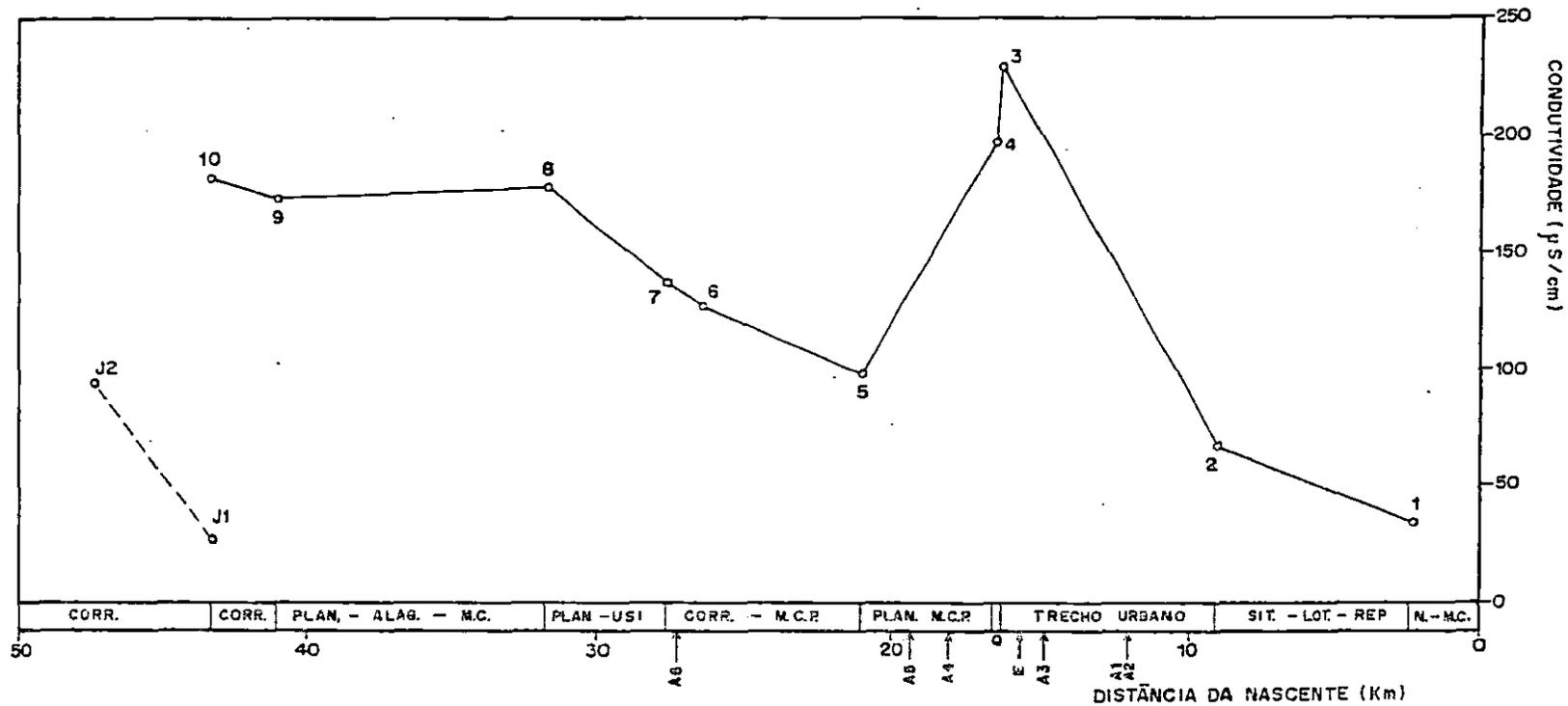


Figura B.27- Perfil Longitudinal (Condutividade) do Rio do Monjolinho - 10 de Dezembro de 1990.
 Convenções: as mesmas da Figura B.4

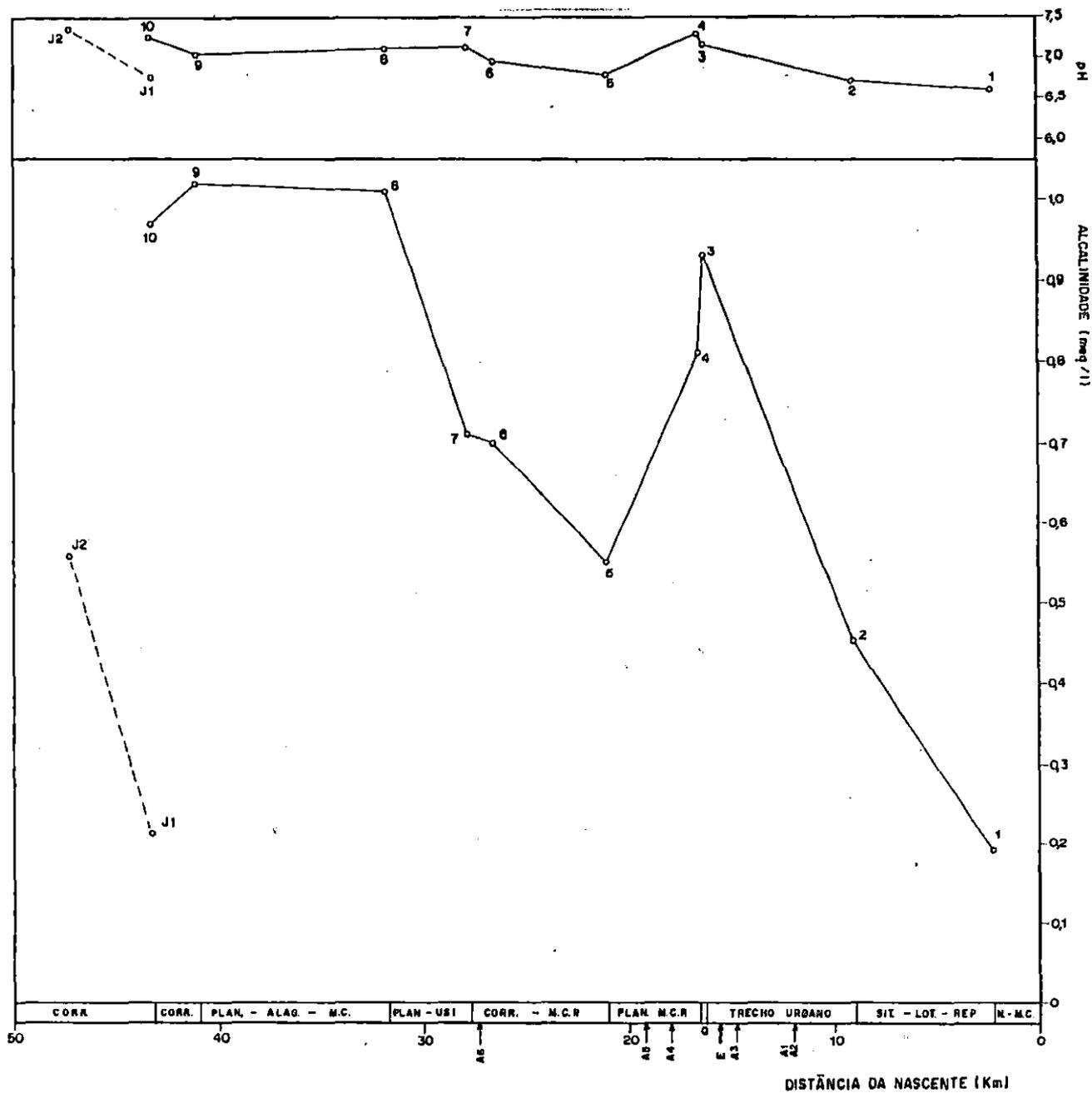


Figura B.28- Perfil Longitudinal (pH e Alcalinidade) do Rio do Monjolinho - 10 de Dezembro de 1990.
 Convenções: as mesmas da Figura B.4

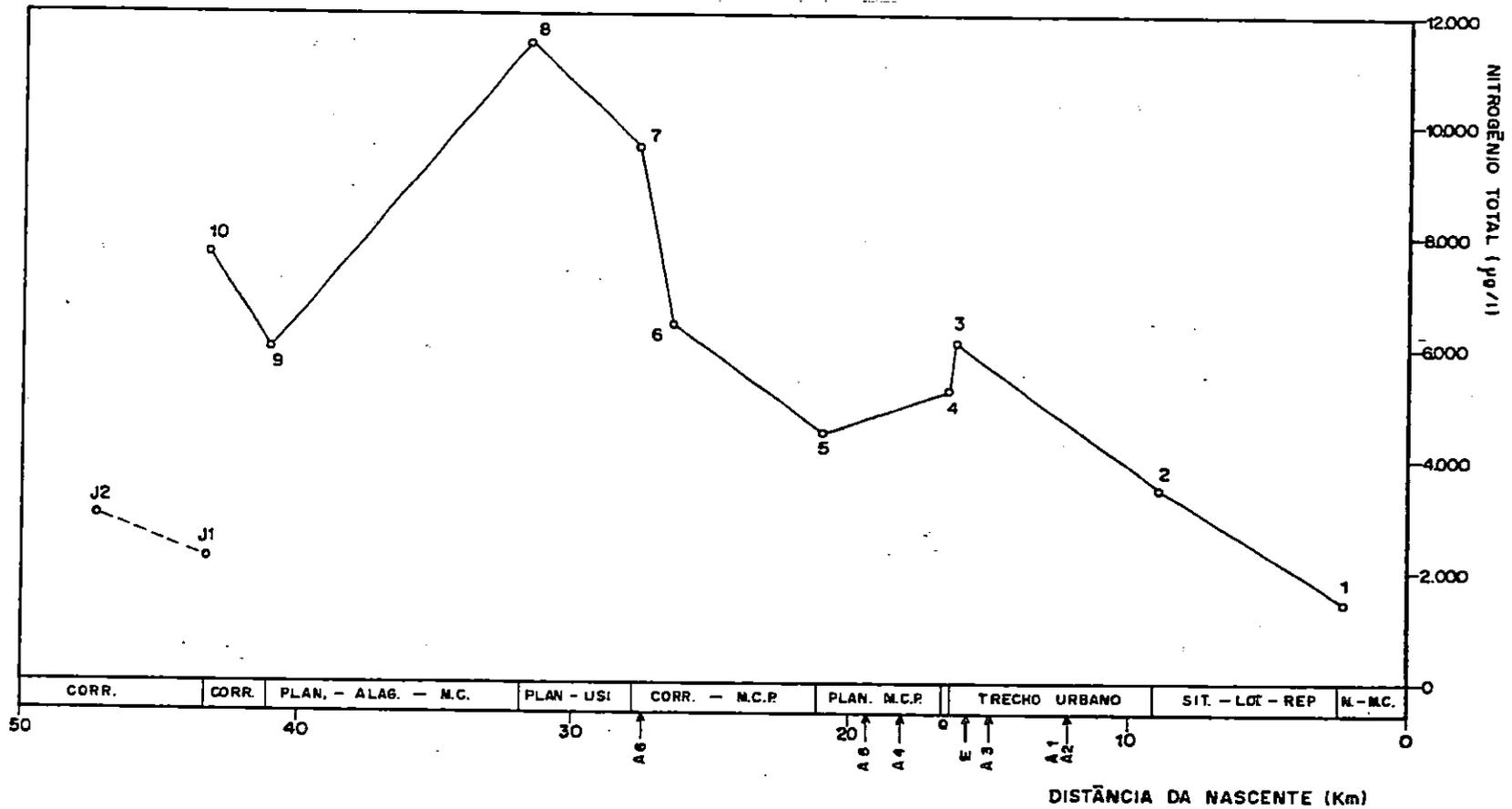


Figura B.29- Perfil Longitudinal (Nitrogênio Total) do Rio do Monjolinho - 10 de Dezembro de 1990.
 Convenções: as mesmas da Figura B.4

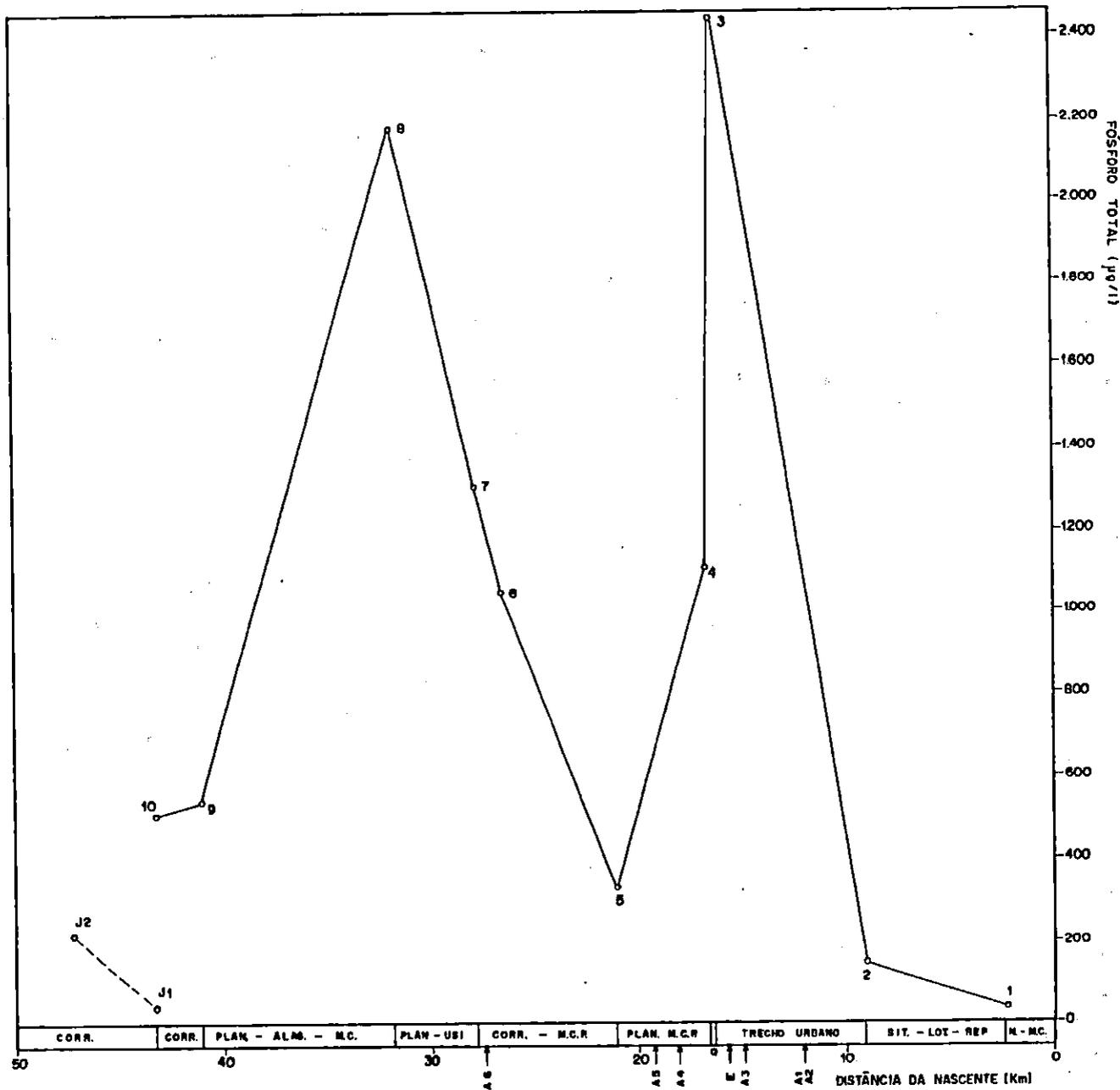


Figura B.30- Perfil Longitudinal (Fósforo Total) do Rio do Monjolinho - 10 de Dezembro de 1990.
 Convenções: as mesmas da Figura B.4

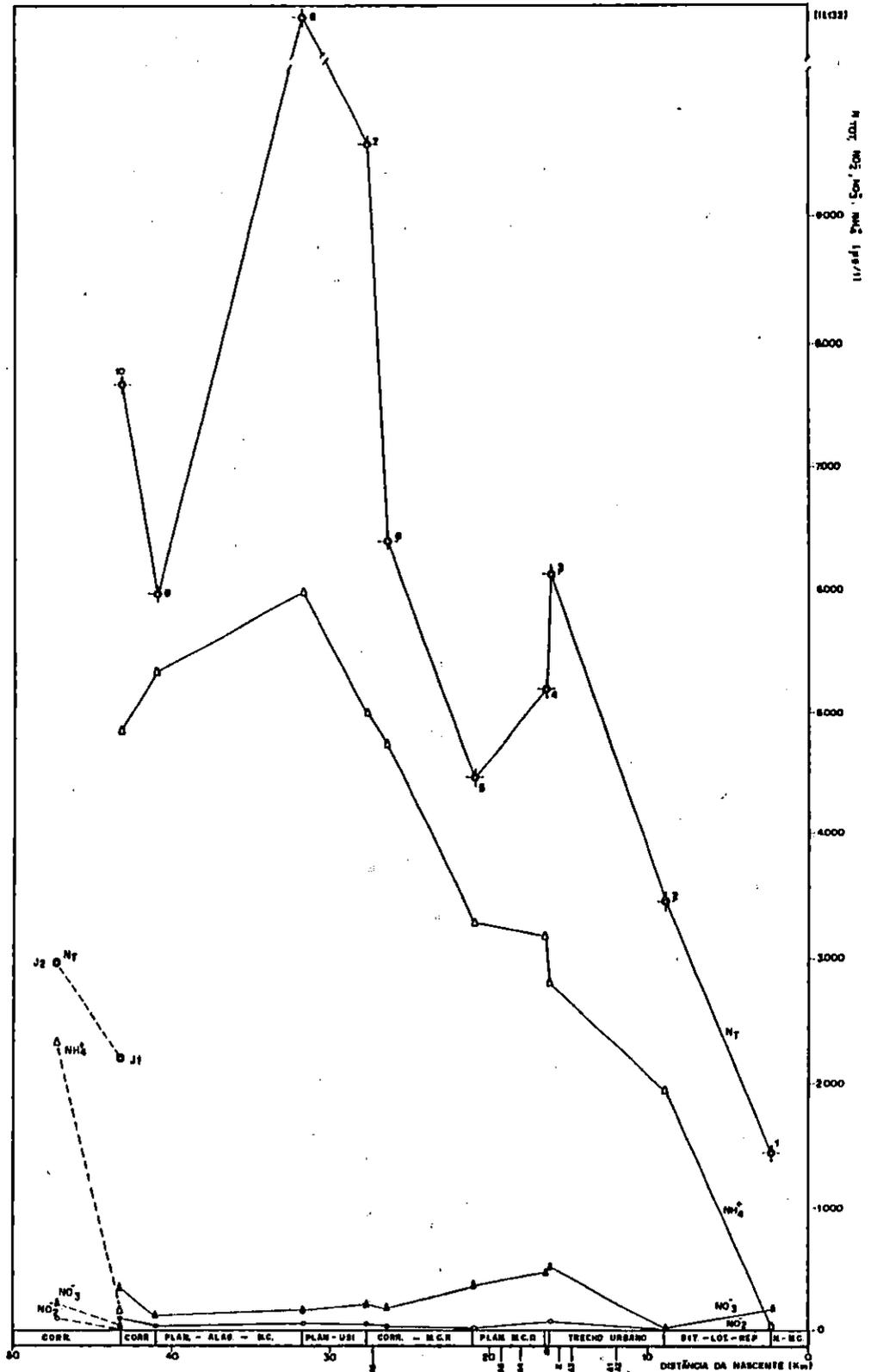


Figura B.31- Perfil Longitudinal (Nitrogênio Total, Amônio, Nitrato e Nitrito) do Rio do Monjolinho - 10 de Dezembro de 1990. Convenções: as mesmas da Figura B.4

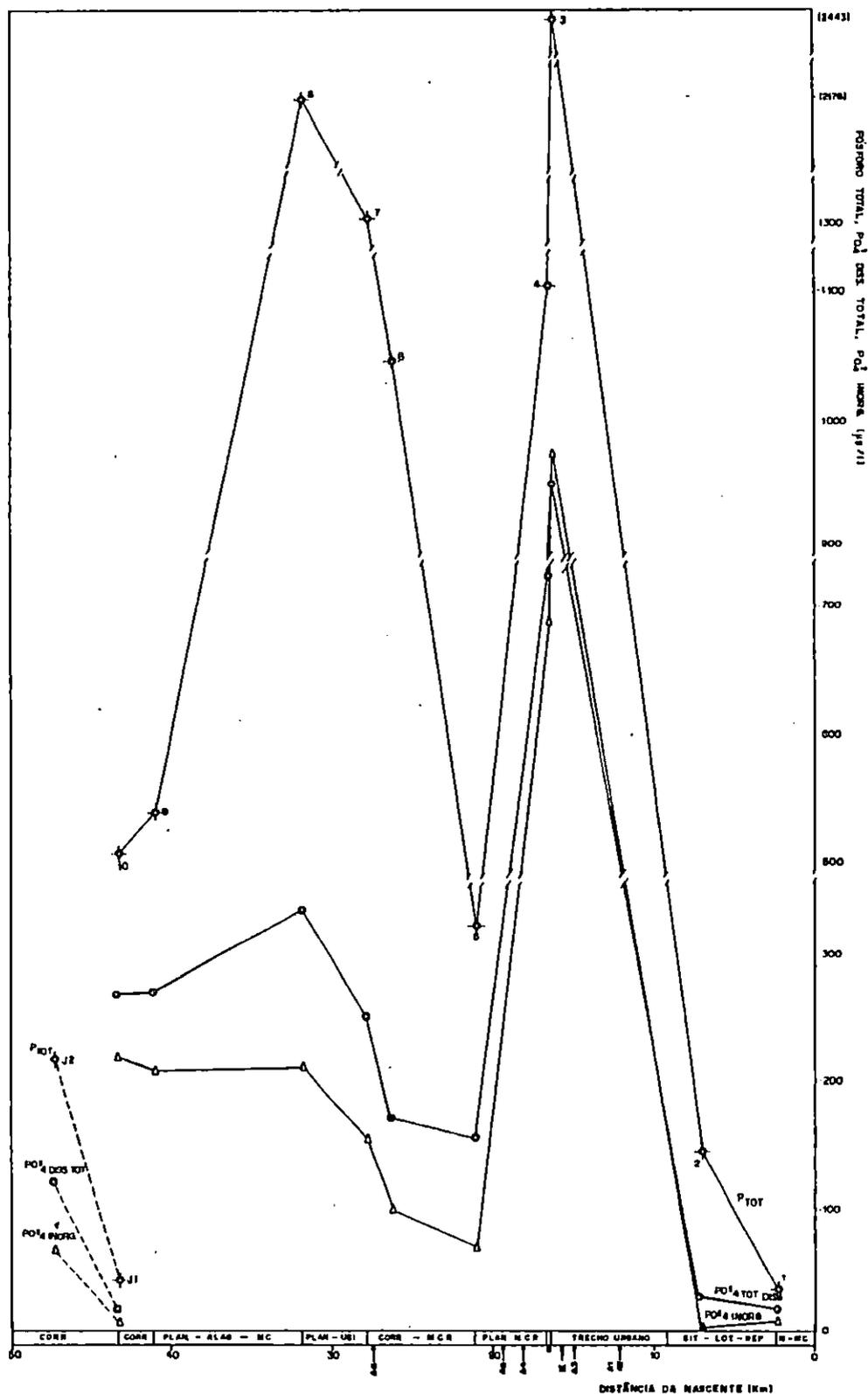


Figura B.32- Perfil Longitudinal (Fósforo Total, Fosfato Dissolvido Total, Fosfato Inorgânico) do Rio do Monjolinho - 10 de Dezembro de 1990.

Convenções: as mesmas da Figura B.4

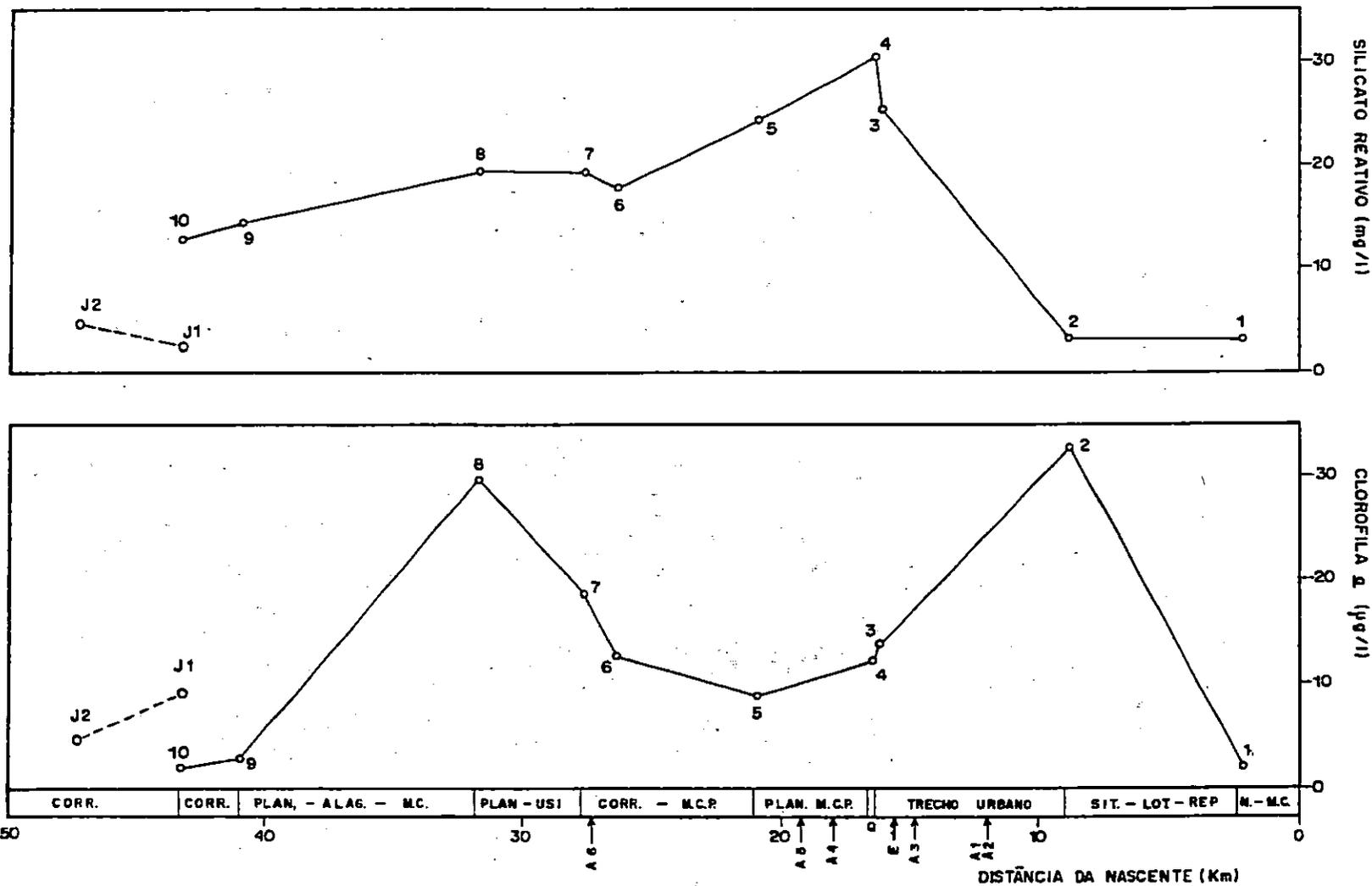


Figura B.33- Perfil Longitudinal (Silicato reativo ao Molibdato e Clorofila a Total em Suspensão) do Rio do Monjolinho - 10 de Dezembro de 1990.
 Convenções: as mesmas da Figura B.4

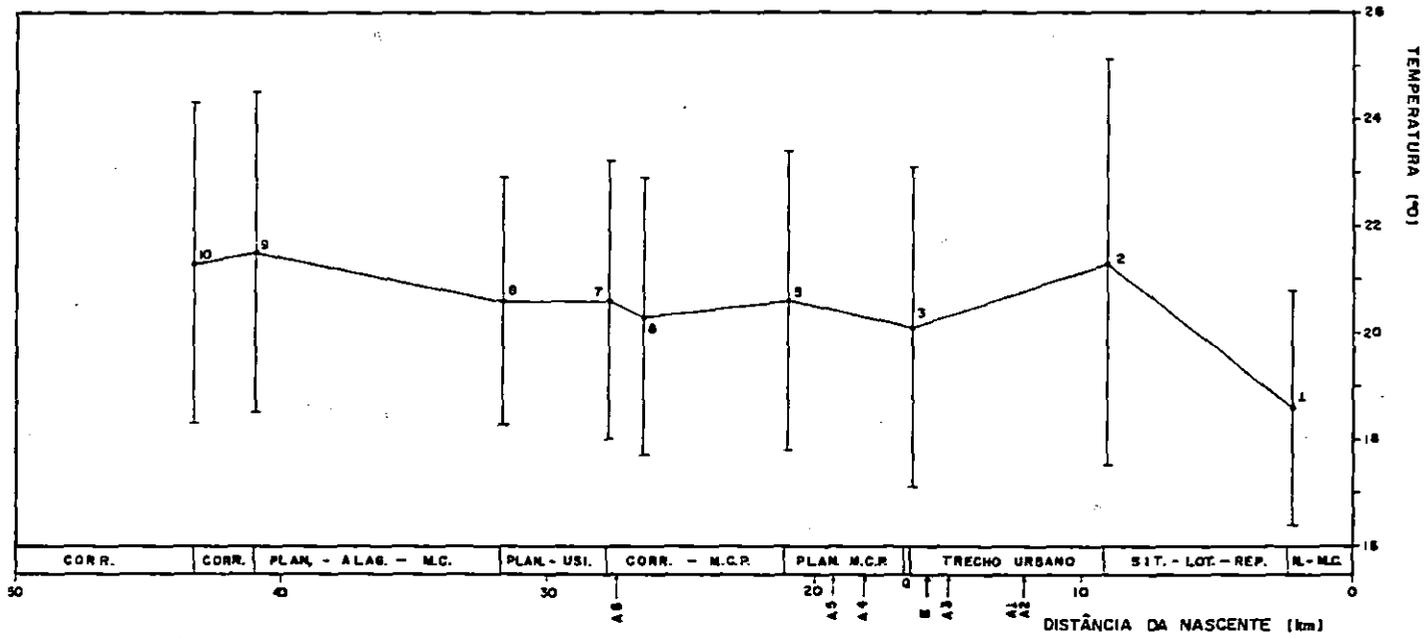


Figura B.34- Perfil Longitudinal do Rio do Monjolinho - Valores Médios e Desvios Padrões da Temperatura da Água.

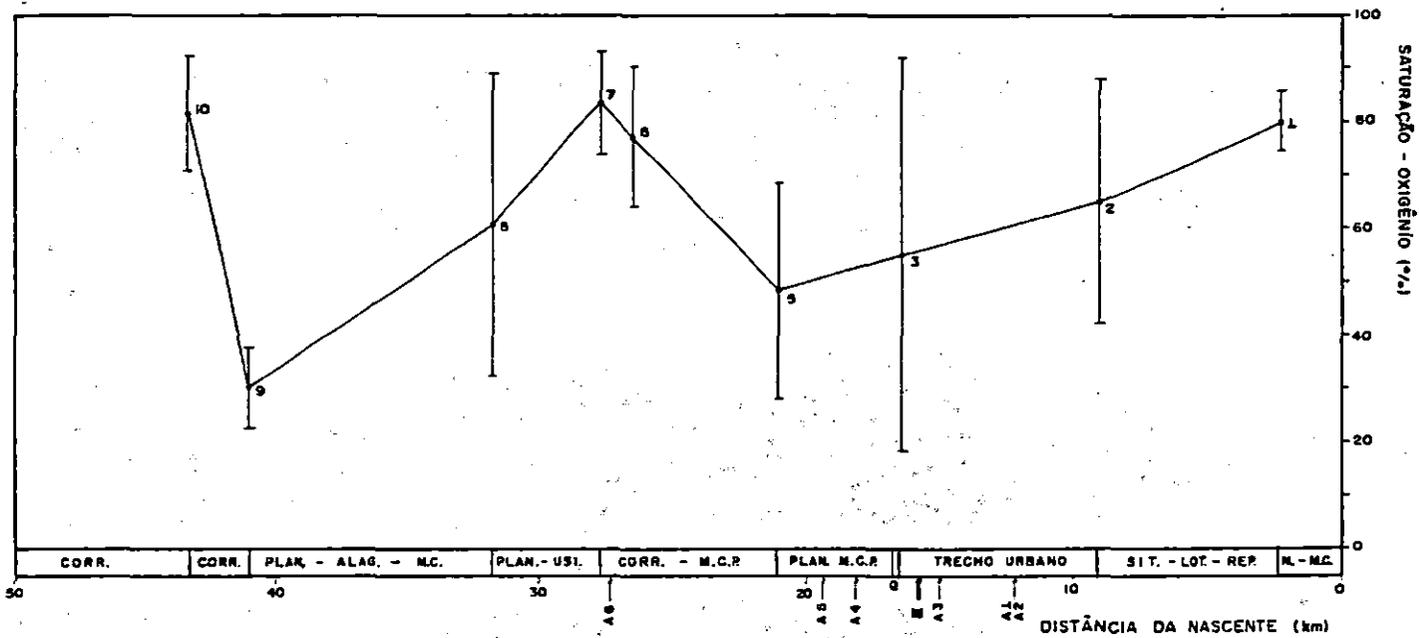


Figura B.35- Perfil Longitudinal do Rio do Monjolinho - Valores Médios e Desvios Padrões da % de Saturação em Oxigênio.

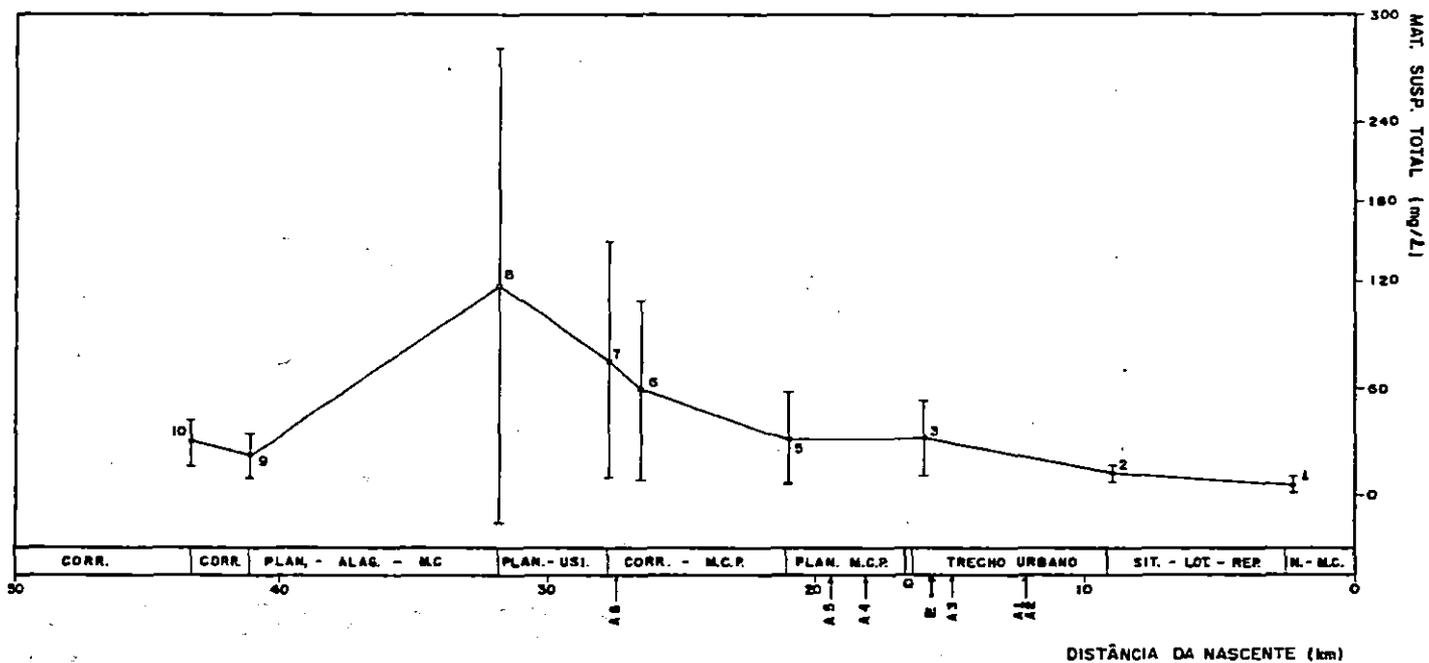


Figura B.36- Perfil Longitudinal do Rio do Monjolinho - Valores Médios e Desvios Padrões do Material em Suspensão Total.

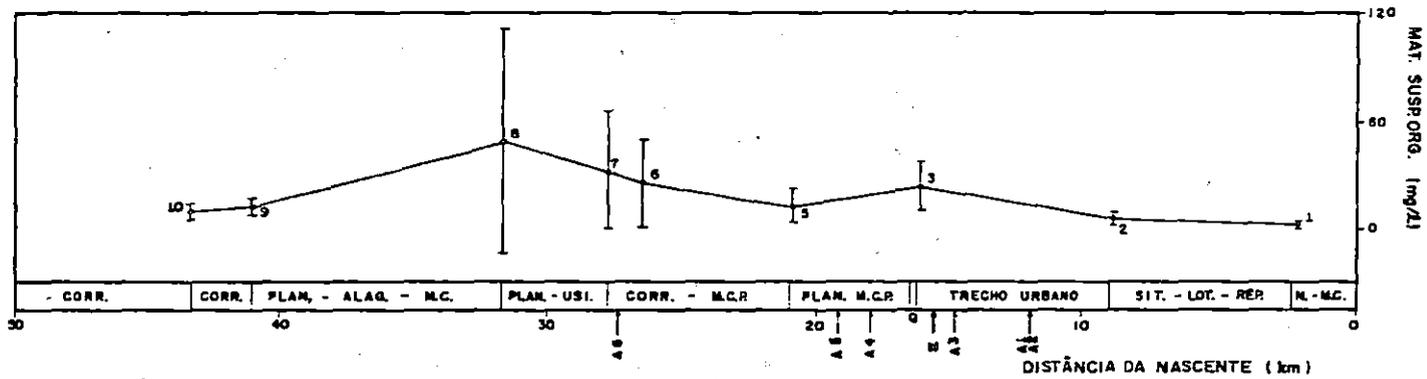


Figura B.37- Perfil Longitudinal do Rio do Monjolinho - Valores Médios e Desvios Padrões do Material em Suspensão Orgânico.

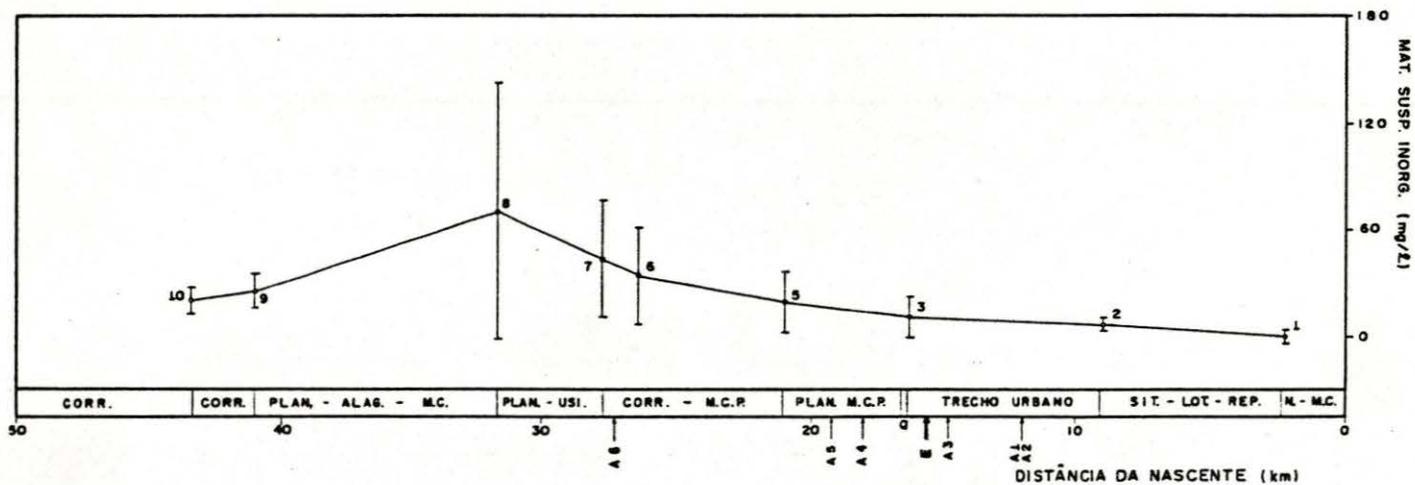


Figura B.38- Perfil Longitudinal do Rio do Monjolinho - Valores Médios e Desvios Padrões do Material em Suspensão Inorgânico.

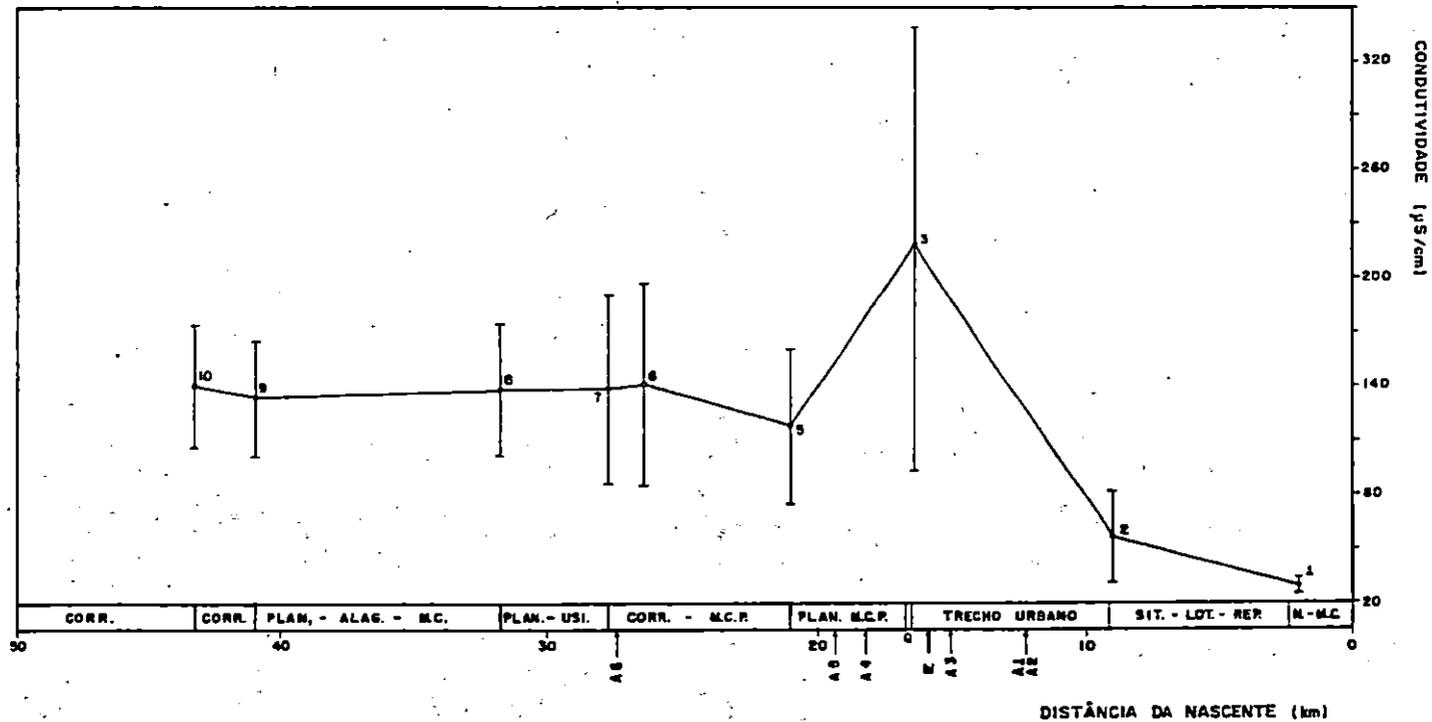


Figura B.39- Perfil Longitudinal do Rio do Monjolinho - Valores Médios e Desvios Padrões da Condutividade.

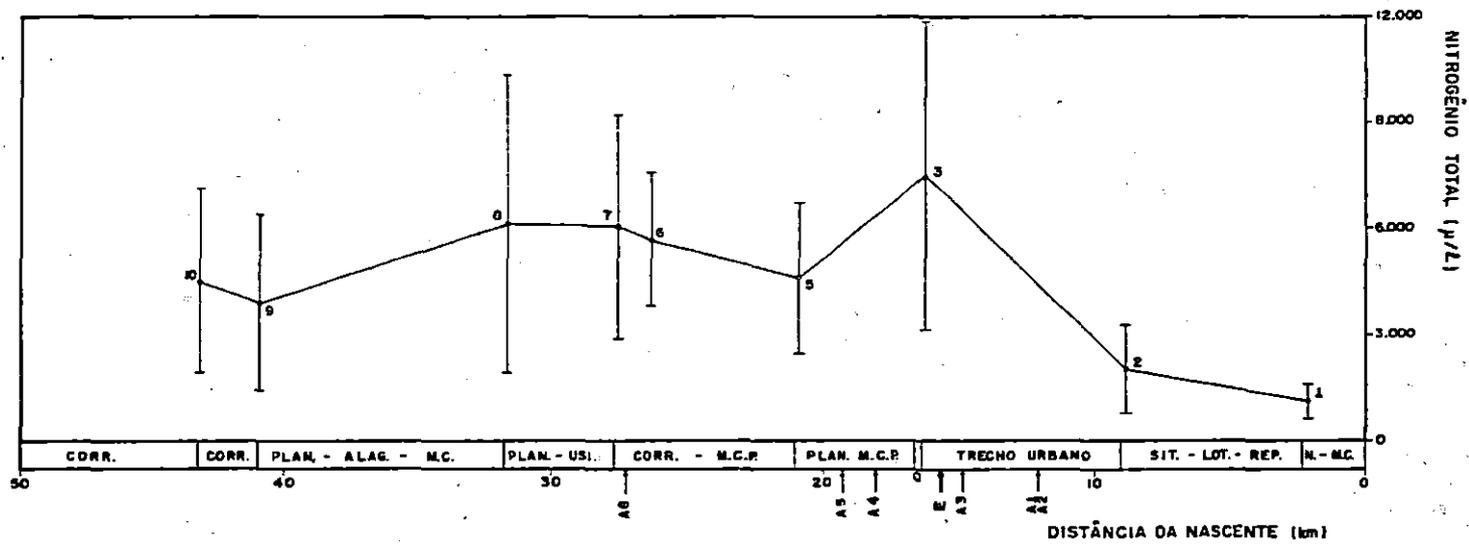


Figura B.40- Perfil Longitudinal do Rio do Monjolinho - Valores Médios e Desvios Padrões do Nitrogênio Total.

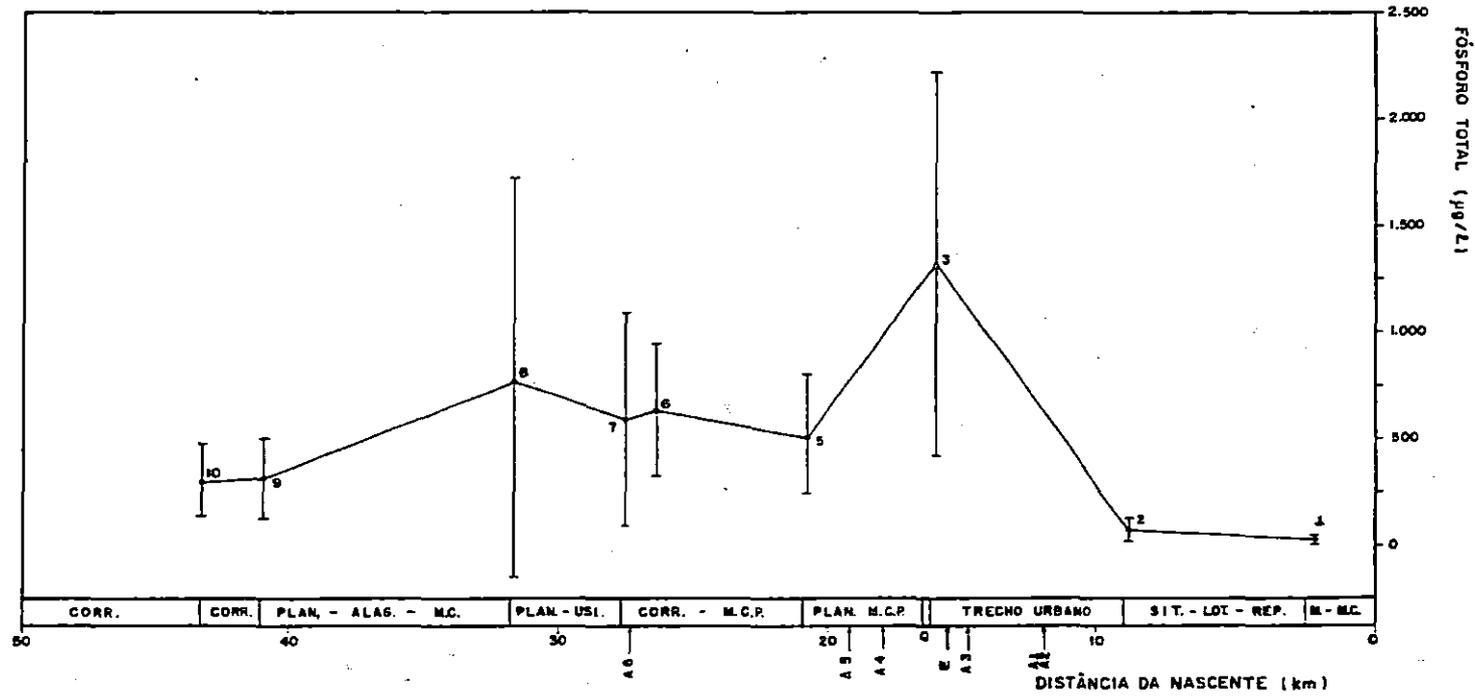


Figura B.41- Perfil Longitudinal do Rio do Monjolinho - Valores Médios e Desvios Padrões do Fósforo Total.

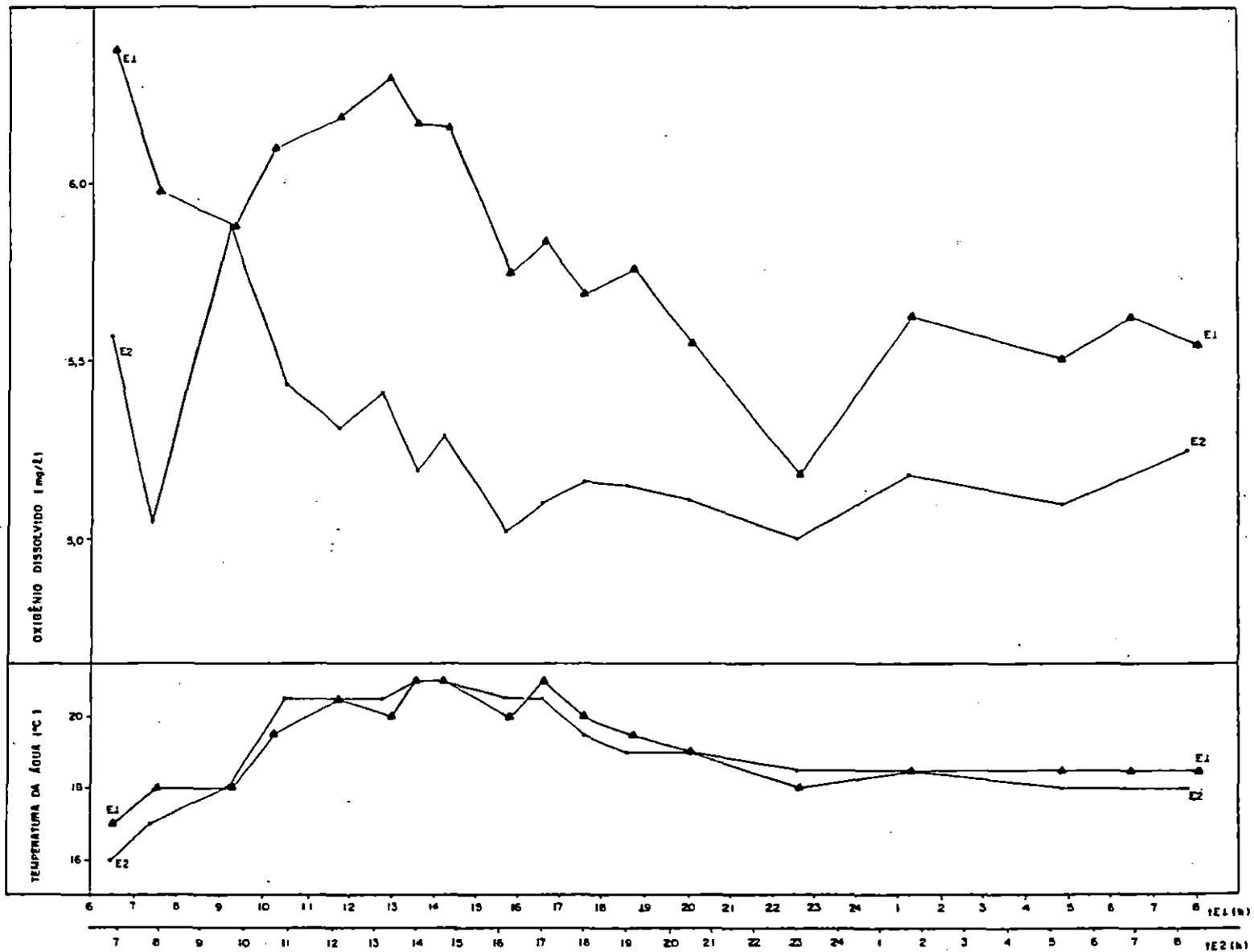


Figura B.42- Medidas de Metabolismo no trecho TM-1: Variação Diurna de Oxigênio Dissolvido e Temperatura da Água em duas estações de coleta - 16 a 17 de Agosto de 1990.

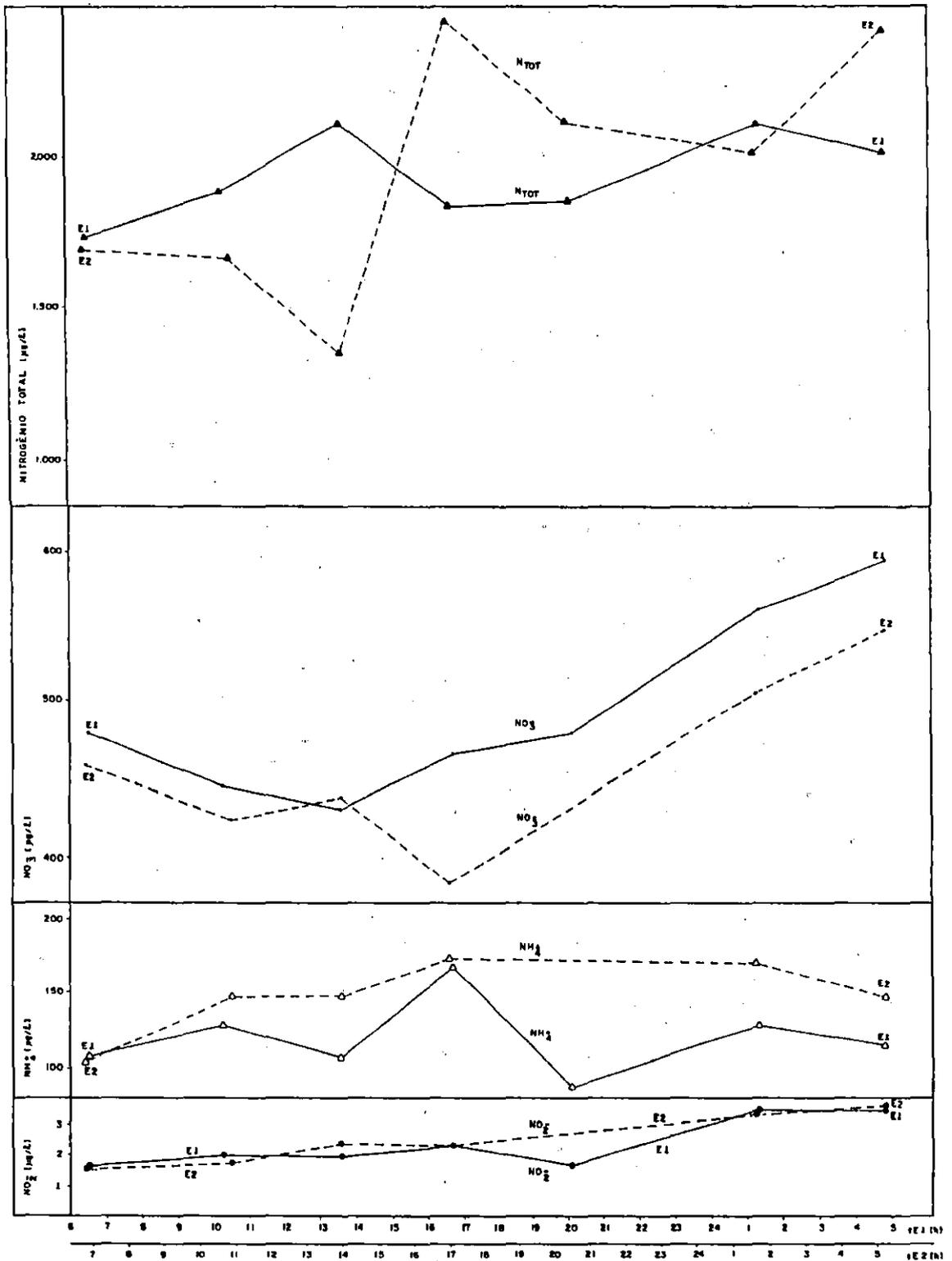


Figura B.43- Variação Diurna no Trecho TM-1: Nitrogênio Total, Amônio, Nitrate e Nitrite, expressos em N - 16 a 17 de Agosto de 1990.

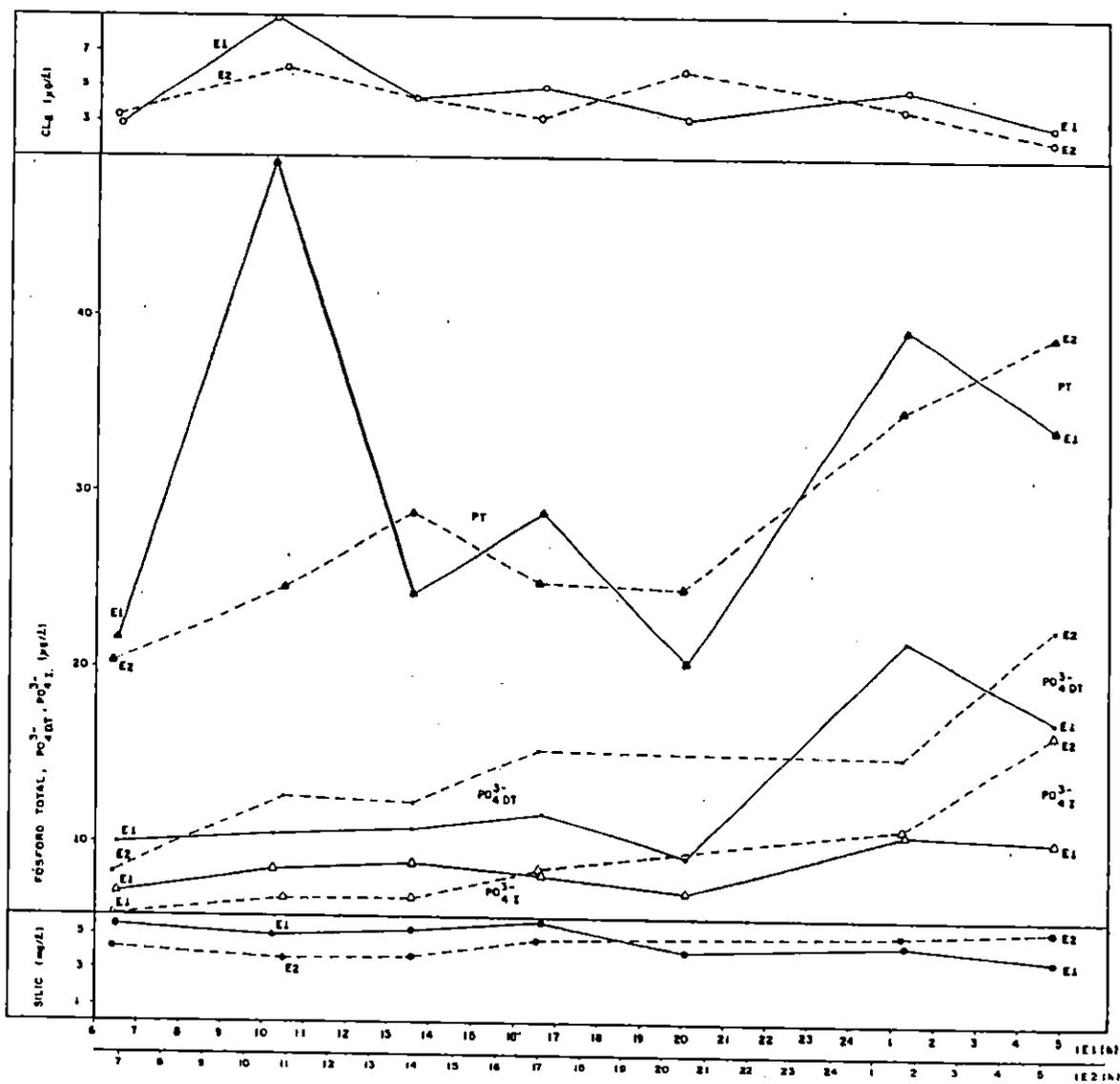


Figura B.44- Variação Diurna no Trecho TM-1: Fósforo Total, Fósforo Dissolvido Total e Fósforo Inorgânico, expressos em P; Silicato reativo ao Molibdato, Clorofila a Total em Suspensão - 16 a 17 de Agosto de 1990.

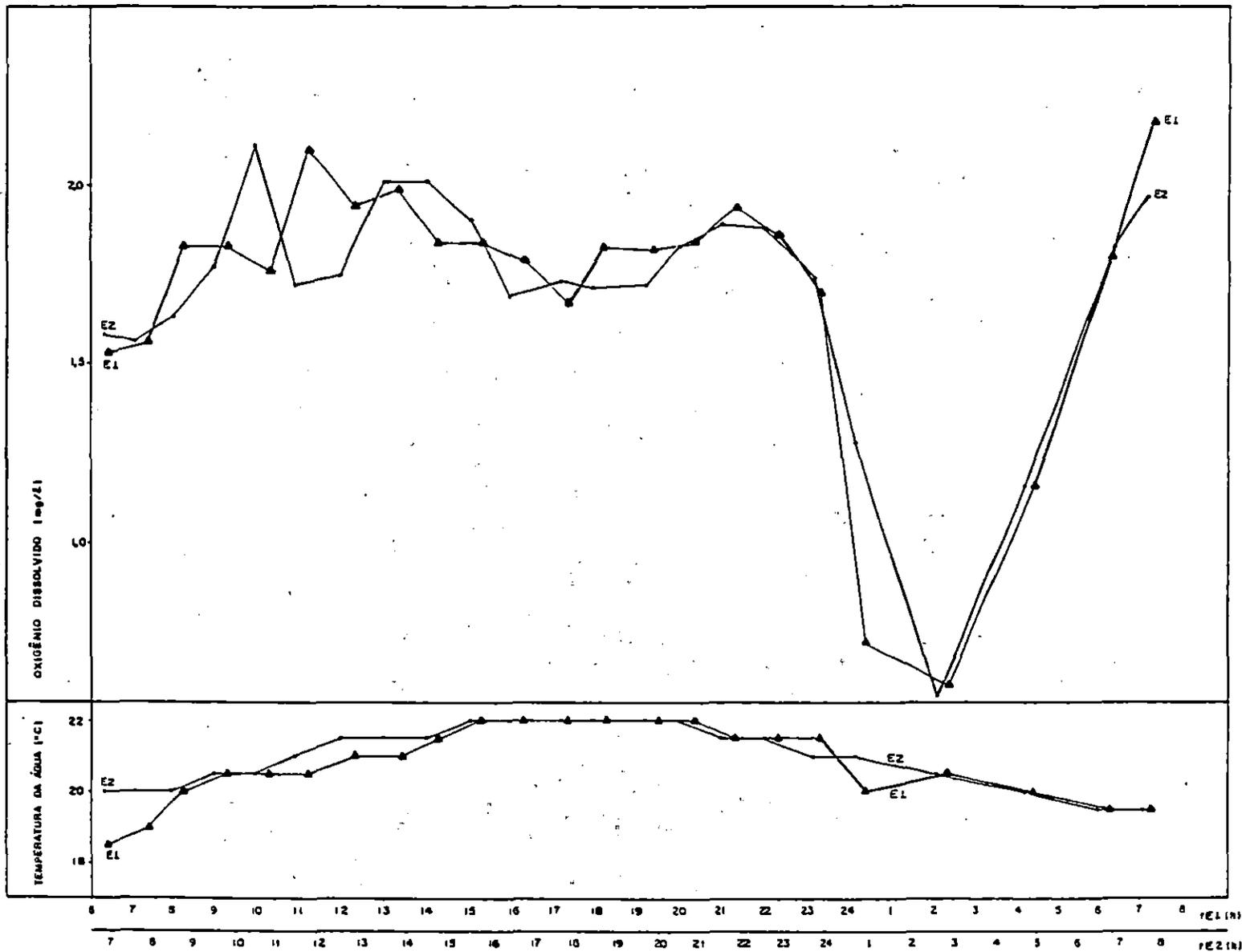


Figura B.45- Medidas de Metabolismo no Trecho TM-2: Variação Diurna de Oxigênio Dissolvido e Temperatura da Água em duas estações de coleta - 5 a 6 de Setembro de 1990.

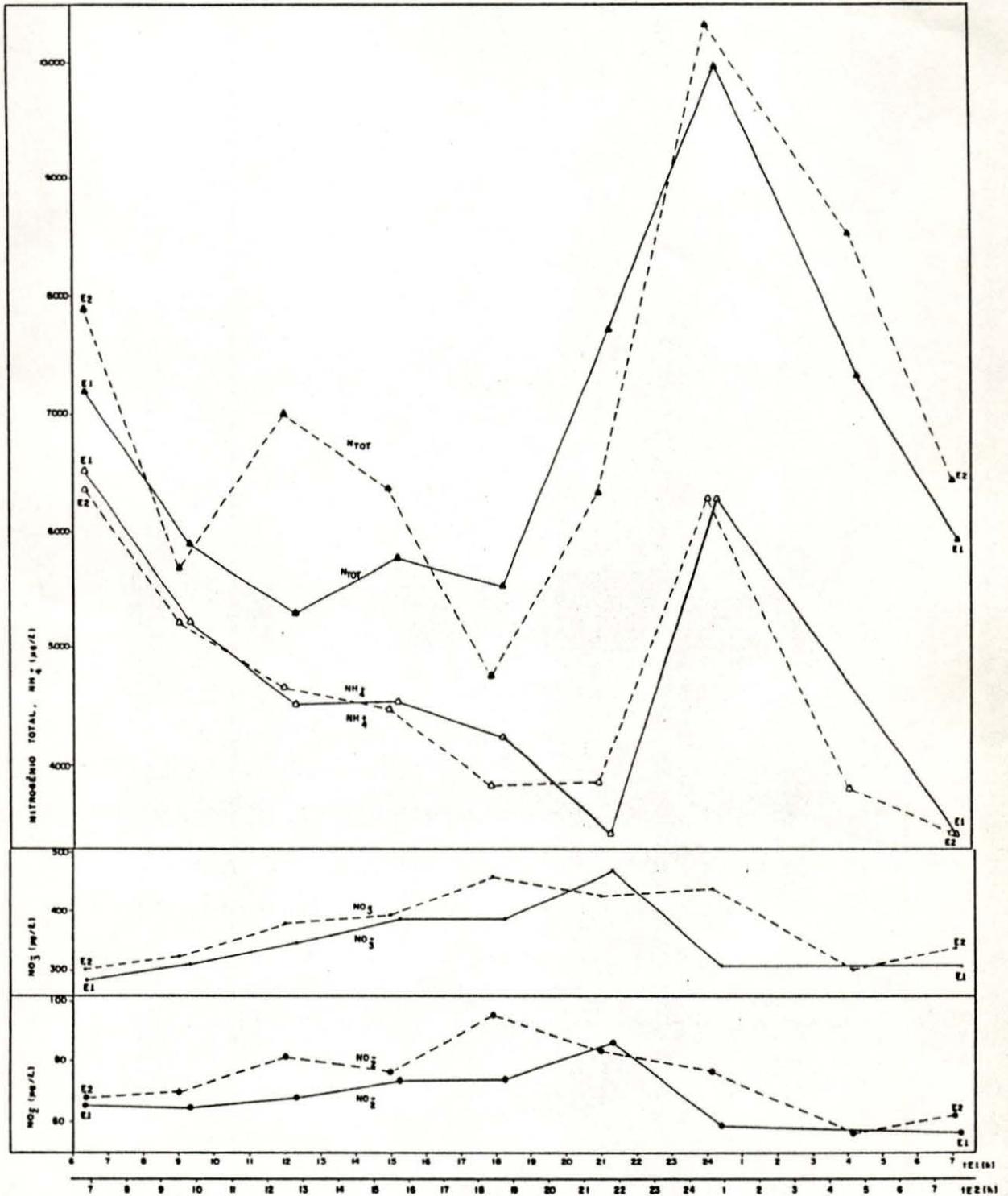


Figura B.46- Variação Diurna no Trecho TM-2: Nitrogênio Total, Amônio, Nitrato e Nitrito, expressos em N - 5 a 6 de Setembro de 1990.

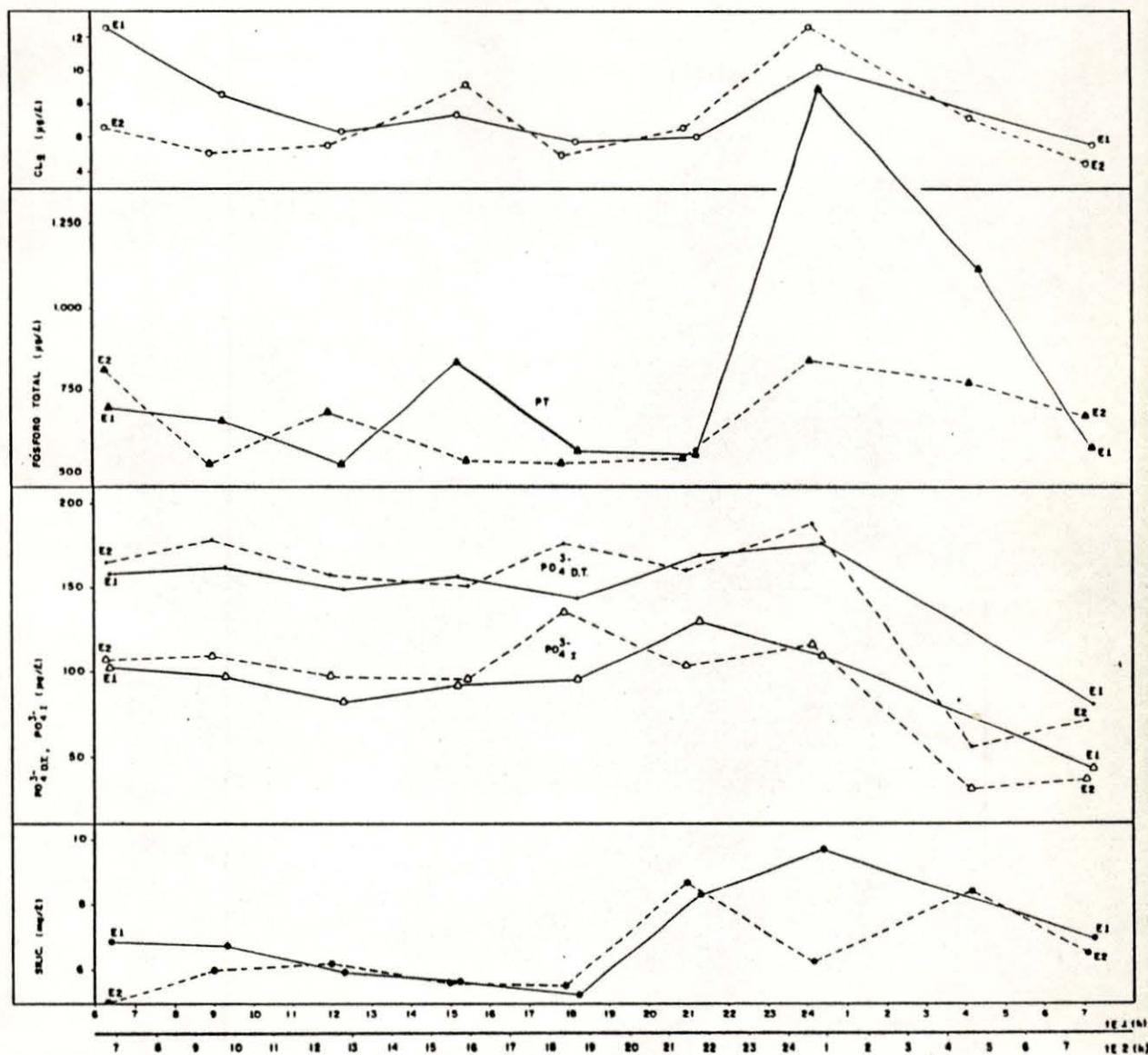


Figura B.47- Variação Diurna no Trecho TM-2: Fósforo Total, Fosfato Dissolvido Total, Fosfato Inorgânico, expressos em P, Silicato reativo ao Molibdato, Clorofila a Total em Suspensão.

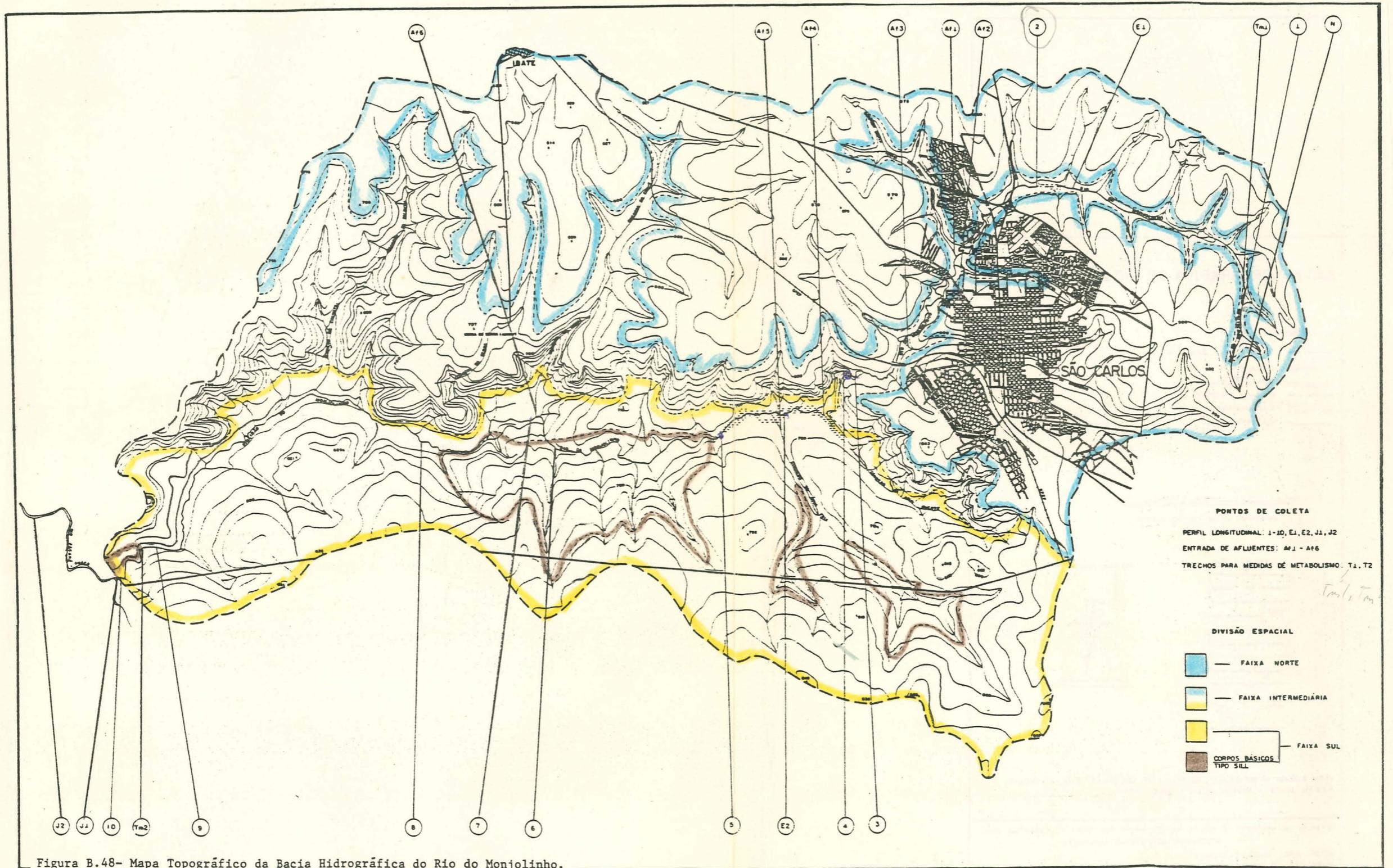
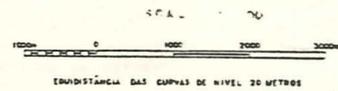


Figura B.48- Mapa Topográfico da Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO MONJOLINHO

CONVENÇÕES GEOGRÁFICAS:

-  DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA
 CURSO D'ÁGUA
 CURVAS DE NIVEL
 RODOVIAS E VICINAIS
 VIAS URBANAS
 VIA FÉRREA

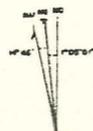


ORTICULAÇÃO DA FOLHA

ARARAQUARA	IBATÉ	RIBEIRÃO
RIBEIRÃO BONITO	SÃO CARLOS	ARARAQUARA
RIBEIRÃO	PIRATUNGA	SÃO CARLOS



DECLINAÇÃO MAGNÉTICA 1971

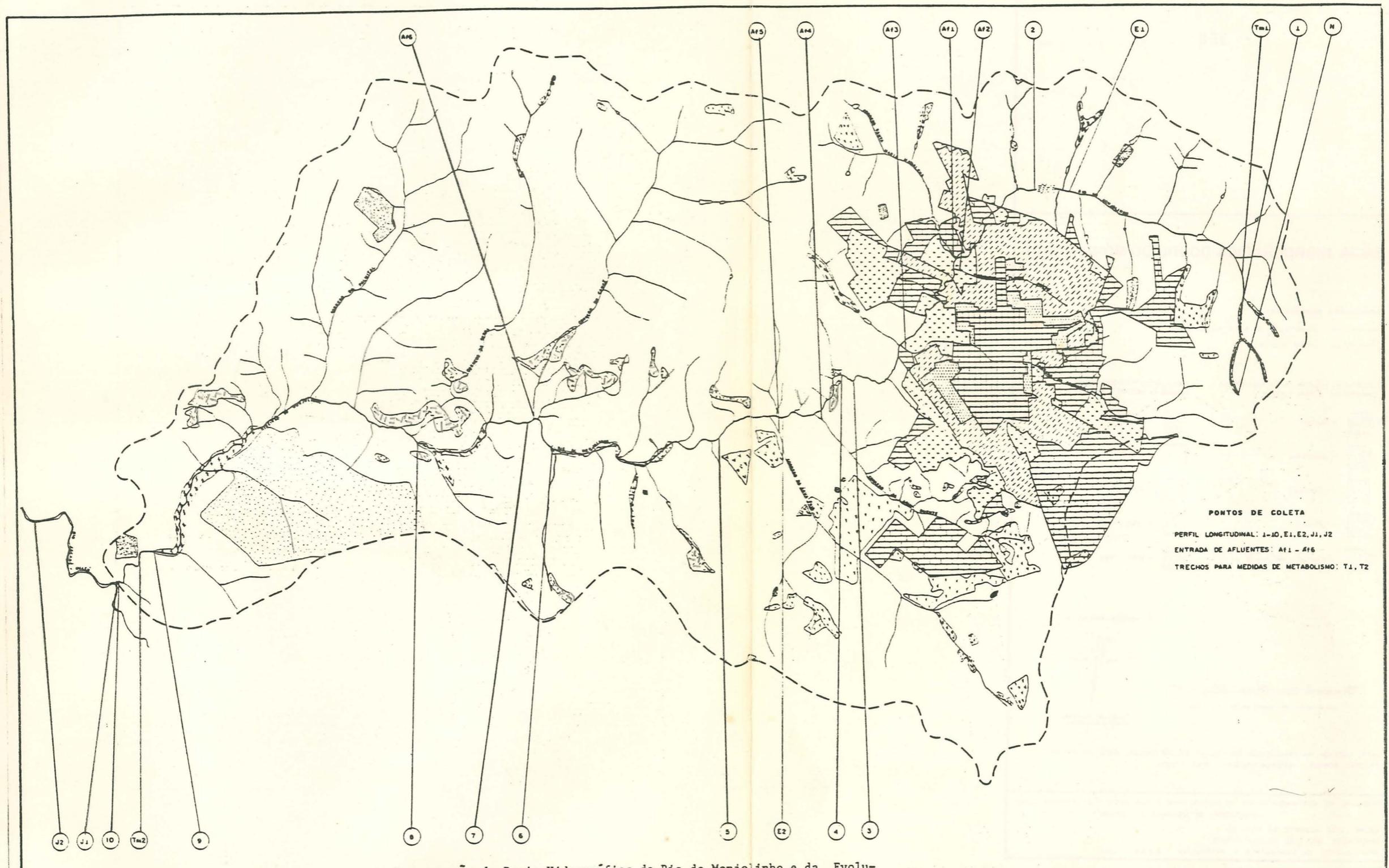


A DECLINAÇÃO MAGNÉTICA
CRESCERÁ ANUALMENTE

CARTA BASEADA NA ORTICULAÇÃO DAS FOLHAS DE SÃO CARLOS, IBATÉ, ARARAQUARA E RIBEIRÃO BONITO - ESCALA 1:50.000 - IBGE - 1971

TRABALHO DE MESTRADO: "O RIO DO MONJOLINHO E SUA BACIA HIDROGRÁFICA COMO INTEGRADORA DE SISTEMAS ECOLÓGICOS"

AUTOR: JOÃO ALBERTO DA SILVA SÉ
 ORIENTADOR: DR. JOSÉ GALIZIA TUNDISI
 DEPARTAMENTO DE SANEAMENTO E HIDRÁULICA - E.E.S.C. - USP



PONTOS DE COLETA
 PERFIL LONGITUDINAL: 1-10, E1, E2, J1, J2
 ENTRADA DE AFLUENTES: Af1 - Af6
 TRECHOS PARA MEDIDAS DE METABOLISMO: T1, T2

Figura B.49- Mapa de Vegetação Primitiva ou em Regeneração da Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho e da Evolução do Traçado Urbano da Cidade de São Carlos.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO MONJOLINHO

CONVENÇÕES GEOGRÁFICAS

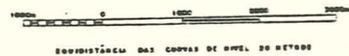
- — — DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA
-  CURSO D'ÁGUA

VEGETAÇÃO PRIMITIVA OU EM REGENERAÇÃO
segundo DE PRIN (1989)

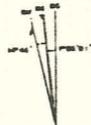
-  - MATA
-  - CAPOEIRA
-  - CERRADÃO
-  - CERRADO
-  - VEGETAÇÃO NATURAL DE VÁRZEA

EVOLUÇÃO DO TRAÇADO URBANO
segundo de AGUIAR (1988)

-  - ATÉ 1940
-  - 1940 - 1950
-  - 1950 - 1960
-  - 1960 - 1970
-  - 1970 - 1988



DECLINAÇÃO MAGNÉTICA 1971



A DECLINAÇÃO MAGNÉTICA
CRESCE O ABALDORTE

CARTA BASEADA NA ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS DE SÃO CARLOS, IBATÉ, ARARAQUARA E RIBEIRÃO BONITO - ESCALA 1:50.000 - IBGE - 1971

TRABALHO DE MESTRADO "O RIO DO MONJOLINHO E SUA BACIA HIDROGRÁFICA COMO INTEGRADORA DE SISTEMAS ECOLÓGICOS"

AUTOR: JOÃO ALBERTO DA SILVA SÉ
ORIENTADOR: DR. JOSÉ GALIZIA TUNDISI
DEPARTAMENTO DE SANEAMENTO E HIDRÁULICA - EESC - USP

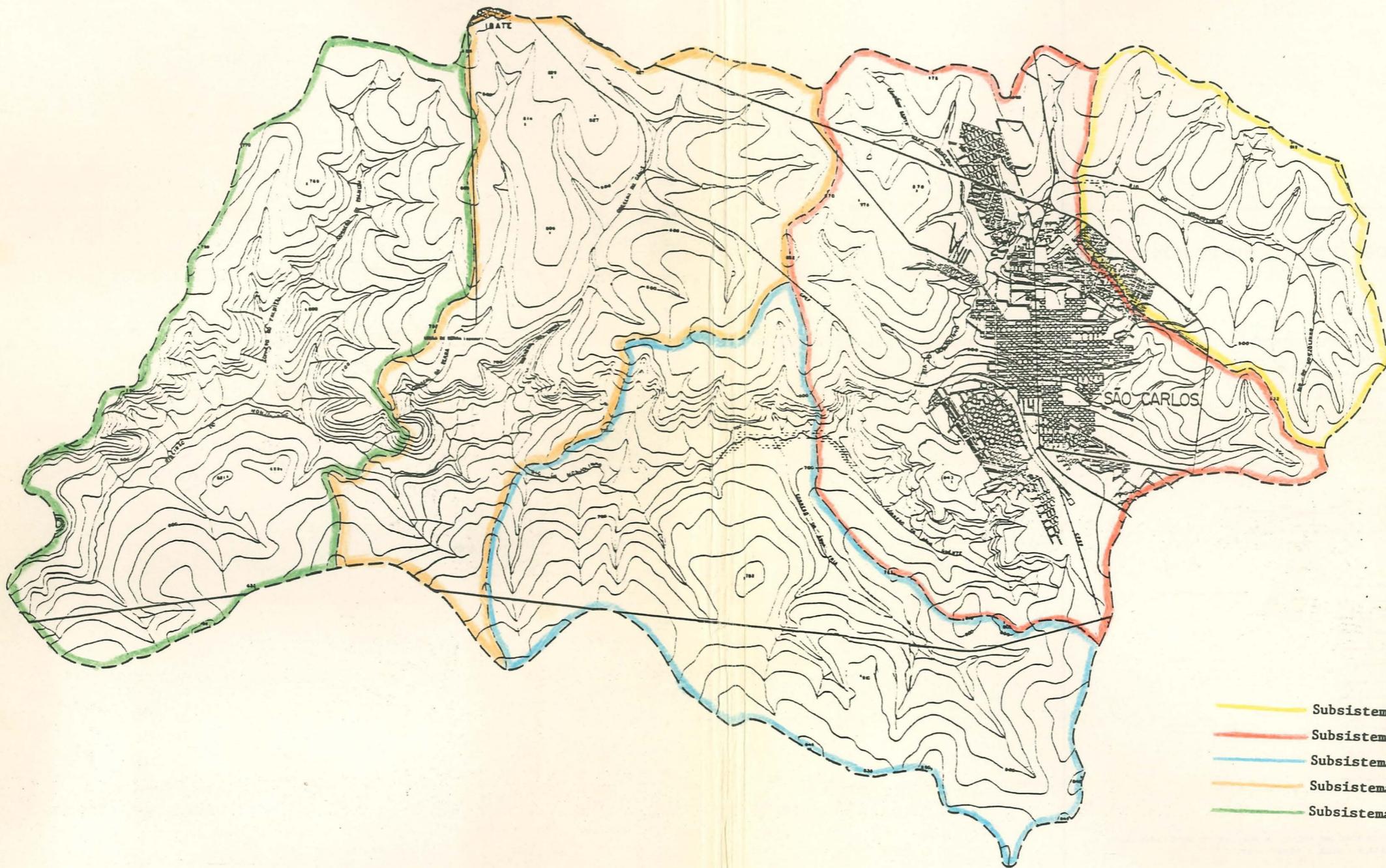
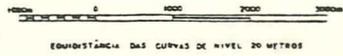


Figura B.50- Mapa dos Subsistemas da Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho, baseados em dados da bacia hidrográfica e do rio.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO MONJOLINHO

CONVENÇÕES GEOGRÁFICAS:

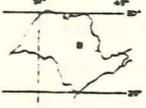
- DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA
-  CURSO D'ÁGUA
-  CURVAS DE NIVEL
-  RODOVIAS E VICINAIS
-  VIAS URBANAS
-  VIA FÉRREA



ARTICULAÇÃO DE FOLHAS

ARARAQUARA	IBATÉ	IBIRAMA
RIBEIRÃO BONITO	SÃO CARLOS	ARARAQUARA
DISTRITO FEDERAL - RIO DE JANEIRO		

LOCALIZAÇÃO DA FOLHA NO ESTADO



DECLINAÇÃO MAGNÉTICA 1971



A DECLINAÇÃO MAGNÉTICA 1971

CARTA BASEADA NA ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS DE SÃO CARLOS, IBATÉ, ARARAQUARA E RIBEIRÃO BONITO - ESCALA 1:50.000 - IBGE - 1971

TRABALHO DE MESTRADO "O RIO DO MONJOLINHO E SUA BACIA HIDROGRÁFICA COMO INTEGRADORA DE SISTEMAS ECOLÓGICOS"

AUTOR: JOÃO ALBERTO DA SILVA SÉ
 ORIENTADOR: DR. JOSÉ GALIZIA TUNDISI
 DEPARTAMENTO DE SANEAMENTO E HIDRÁULICA - E.E.S.C. - USP