

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**DETERMINAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS TRIBUTÁRIOS
NA QUALIDADE DA ÁGUA DA REPRESA DA PAMPULHA**

Isabela Claret Tôrres

Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Ciências Biológicas
Belo Horizonte
1999

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA GERAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA, CONSERVAÇÃO E
MANEJO DE VIDA SILVESTRE



DETERMINAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS TRIBUTÁRIOS NA QUALIDADE DA ÁGUA DA REPRESA DA PAMPULHA

ISABELA CLARET TÔRRES

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Motta Pinto-Coelho
Setor Ecologia/ Deptº de Biologia Geral/ICB/UFMG

Co-orientador: Prof. Dr. Carlos A. Rosa
Deptº de Microbiologia/ICB/UFMG

Financiado pela **PADI Foundation** (Califórnia-EUA)

ISABELA CLARET TÔRRES

**DETERMINAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS TRIBUTÁRIOS
NA QUALIDADE DA ÁGUA DA REPRESA DA
PAMPULHA**


Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre, do Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do grau de mestre em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre.

Área de Concentração: Limnologia

Orientador: Prof. Ricardo M. Pinto-Coelho
Co-orientador: Prof. Carlos A. Rosa

Este trabalho é dedicado a todos que escreveram o passado, aos que fazem o presente e aos que irão construir o futuro desta “Belo Horizonte”. A certeza de um futuro melhor depende de todos nós. Somos responsáveis pelo presente e pelo futuro e devemos amar, preservar e respeitar mais nossos “belos horizontes”.

Dissertação defendida e aprovada, em 27 de agosto de 1999, pela banca examinadora constituída pelos professores:



Prof. Dr. Ricardo Motta Pinto-Coelho - Orientador



Prof. Dr. Eduardo von Sperling



Prof. Dr. Francisco Antônio Rodrigues Barbosa

AGRADECIMENTOS

Este trabalho contou com a colaboração de muitas pessoas. Alguns contribuíram diretamente; outros, entretanto, tiveram uma participação especial ao me acompanhar e apoiar. Gostaria de prestar aqui a todos meus sinceros agradecimentos:

À **PADI Foundation** (Califórnia, EUA) por financiar este projeto e acreditar na sua importância para a comunidade de Belo Horizonte.

Ao Prof. Dr. **Ricardo Motta Pinto-Coelho** (Deptº Biologia Geral), pela disponibilização da infra-estrutura do laboratório e pela orientação para as análises e discussão dos resultados.

Ao Prof. Dr. **Carlos Augusto Rosa** (Deptº Microbiologia), pela co-orientação; pela disponibilização da infra-estrutura do laboratório e pelo incentivo. Pelo acolhimento dado à minha estagiária Adriana. Ainda, por todo o aprendizado na área microbiológica e por ensinamentos importantes para o meu crescimento pessoal.

Ao Prof. **Roberto Champs** (Engenheiro, Superintendente da SUDECAP) pela ajuda indispensável na obtenção dos dados referentes à Bacia Hidrográfica da Pampulha.

À Profa. Dra. **Alessandra Giani** (Lab. de Ficologia/Deptº de Botânica) pelos comentários úteis ao projeto e por disponibilizar o seu laboratório, sempre que solicitado.

Ao Prof. Dr. **Francisco Barbosa** (Lab. Limnologia/Deptº Biologia Geral) pela permissão para a realização das análises de carbono dissolvido no TOC Analyser, e ao atual colega **Maurício**, pela realização das análises.

Ao **Luiz Otávio Caetano** (Engenheiro da Divisão Caiçara da SUDECAP) e às secretárias, **Edna** e **Vânia**, por facilitarem meu acesso à "Tulipa".

Ao **Paulo Maciel Jr.** (Secretário Adjunto da Secretaria Municipal do Meio Ambiente da PBH) e **Weber Coutinho** (Engenheiro da SMMA/PBH), por fornecerem informações sobre o PROPAM e o PROSAM.

Às Profas. Dras. **Maria Rita S. M. M. Leitão** e **Nadja Maria H. S. Carneiro** (Lab. Interação Microorganismo Planta/Deptº de Botânica), por permitirem o uso do espectrofotômetro, essencial para a leitura das análises de fósforo.

Ao Prof. Dr. **Rodrigo Mata Machado**, pela permissão da utilização de seu laboratório por um ano, o que facilitou bastante o trabalho.

Aos **funcionários da INFRAERO do Aeroporto da Pampulha**, por me atenderem e tentarem me ajudar sempre que solicitado e ainda, por fornecerem os dados climatológicos da região.

À minha estagiária **Adriana Oliveira Medeiros**, agradeço o interesse pelo trabalho e por ter aceito a dura tarefa de fazer o projeto sem bolsa de iniciação científica. Por ter

provado, para muitas pessoas, que é possível fazer um estágio, até o final, sem bolsa de pesquisa, com responsabilidade, maturidade e eficiência.

A todos os **funcionários da UFMG** que me ajudaram de alguma forma a resolver os problemas ocorridos durante este projeto.

À **CAPES** por fornecer uma bolsa de mestrado de dois anos de duração, e à **U. S. Wildlife Service And Fish**, pelos recursos para o desenvolvimento do programa de pós-graduação.

Aos **Convênios PBH/SMMA** (Conv. FUNDEP 2279) e os **Projetos FAPEMIG CBS 052/92 e CBS 1897/97**, que possibilitaram a compra de equipamentos utilizados por este trabalho.

Às secretárias do curso ECMVS, **Sônia e Rogéria**, pela atenção e por solucionar qualquer problema.

Às secretárias do Deptº de Biologia Geral, **Cláudia, Mariângela e Marina**, pela ajuda e pelos bons momentos. Ainda, às funcionárias **Maria Rosa e Rosa Maria**, as duas rosas do departamento, pela amizade e disponibilidade em me escutar. Não posso esquecer de agradecer a **D. Nailda** (os cafezinhos), e a **D. Aparecida**.

Aos **colegas do Laboratório de Ecofisiologia de Organismos Planctônicos** (Deptº Biologia Geral) pelo companheirismo, convivência e pelos bons momentos nas coletas na represa. Ao funcionário **Cid** por ter se oferecido e realizado as análises da série nitrogenada, por ajudar inúmeras vezes nas coletas de campo e por solucionar problemas. Aos colegas que diretamente participaram nas coletas de campo: **Carla, Cláudia, Marcelo e Sandra**, meus sinceros agradecimentos. Meu agradecimento especial à doutoranda **Magda** pelos anos de convívio, incentivo, por acompanhar meu trabalho desde o início, pelos bons conselhos e idéias e discutir os métodos.

Aos **colegas do Laboratório de Ficologia** (Deptº de Botânica), pelos bons momentos passados durante as coletas na represa, por facilitar meu trabalho no laboratório. Gostaria de agradecer especialmente a **Luciana** o ensino das análises de fósforo e a funcionária **Elenice**, sua disposição em me ajudar sempre.

A **todos os colegas (estagiários e funcionários) do Laboratório de Fermentação** (Deptº de Microbiologia), por toda a ajuda prestada, e pelos bons momentos. Um agradecimento especial à **Carla, Soraya, Mara, Raquel e Jonny** por sua amizade e pela solução das dúvidas “microbiológicas”. Aproveito para agradecer também a **Juliana e Henrique**, amigos do Deptº de Microbiologia, o incentivo.

Ao **Paulo Henrique Corgosinho**, por sua amizade, por ter me auxiliado a “encontrar” os tributários da represa e por estar sempre pronto a me ajudar.

Aos meus colegas (**Renata Santoro, Débora, Renata Dornellas, Júnio, Cambará, Claudinho, Marcela, Ana, Carla, Silmary, Sávio e Yule**) do curso ECMVS, por dividir as dificuldades e alegrias do curso, pelos bons momentos passados juntos, e

ainda por tornar agradável e divertido o curso de campo. Um agradecimento especial à **“Prima”** e **“Debbie”** pelo incentivo, amizade, pelos conselhos e boas risadas.

Ao meu **“Titio” Renato**, a primeira pessoa que me ensinou a beleza e a necessidade de amar e respeitar a natureza, por todos os ensinamentos sobre a **“vida”** e o **“viver”**, e pela revisão final do português e por ajudar na redação do abstract.

Ao Prof. Dr. **G.W. Fernandes** (Deptº Biologia Geral) e à colega **Tatiana** pela leitura e correção do abstract.

Ao meu primo **Gilberto**, sua constante disponibilidade em me ajudar, por **“escanear”** e arrumar as fotos.

À amiga **Fernanda** por ajudar a finalizar o mapa das sub-bacias.

À memória do meu saudoso e inesquecível padrinho, Dr. **Geraldo Eustáquio Tôrres**, por ser minha fonte de inspiração eterna.

Ao Prof. (e agora) Dr. **José Eugênio Côrtes Figueira** (Deptº Biologia Geral) (o eterno Tio Zé), que me proporcionou uma enormidade de conhecimentos na área de ecologia, por ter me ensinado a **“ir ao campo e ter a visão ecológica”**, a elaborar um projeto de pesquisa e a solucionar os problemas. Pela oportunidade de aprender análises estatísticas e como a usar o **“famigerado Systat”**. Meus agradecimentos especiais pela amizade, carinho e sua constante disposição em me ajudar e me escutar. Ainda, pela leitura e os comentários interessantes sobre a dissertação.

À **Tia Malu**, essa pessoa maravilhosa que sempre esteve presente acompanhando meu trabalho e a minha vida.

À **Gê**, minha grande amiga, que, mesmo distante, esteve sempre presente me apoiando, incentivando e feliz com as minhas conquistas.

À **Tia Bárbara**, por ser um exemplo de mulher, pelo incentivo e amizade.

Ao **PH**, meu companheiro de anos, pelo incentivo, amor, paciência e ajuda.

Aos meus pais, **Sônia** e **Claret**, por me darem a **“oportunidade da vida”**, amor, educação, a opção de trilhar meus próprios caminhos e por estarem sempre ao meu lado. Ainda, pela revisão final da dissertação.

RESUMO

A represa da Pampulha situa-se na região noroeste de Belo Horizonte e sua fluviografia inclui cerca de 40 córregos, dos quais oito são tributários diretos da represa: Córrego Tijuco, Mergulhão, Ressaca, Sarandi, Água Funda, Baraúna, Olhos D' Água, AABB. Os problemas ambientais existentes na represa da Pampulha têm origem na sua bacia hidrográfica. O objetivo deste trabalho foi o de determinar, através de coletas mensais, os parâmetros limnológicos básicos (pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e temperatura da água), as flutuações temporais dos nutrientes essenciais (através da medida carbono orgânico particulado e dissolvido, carbono inorgânico dissolvido, fósforo total, particulado e solúvel, amônia, nitrato e nitrito) e ainda as concentrações de sólidos orgânicos, inorgânicos e totais em suspensão e demanda química de oxigênio, na água dos tributários, no reservatório e no efluente. Ainda foram determinados as densidades de leveduras, coliformes totais e fecais e bactérias heterotróficas. As coletas foram realizadas durante o período de novembro de 1997 a dezembro de 1998, em todos os tributários, em um ponto central da represa, bem como no efluente. Os resultados deste trabalho demonstraram que: 1) todos os tributários da represa da Pampulha, apesar de apresentarem diferenças espaciais, carregam uma considerável concentração de nutrientes, matéria orgânica e de microrganismos de significado sanitário para o reservatório; 2) a represa da Pampulha apresentou um padrão temporal de aumento de nutrientes na época seca; 3) a represa da Pampulha exporta os nutrientes orgânicos e retém os inorgânicos no total anual; 4) o aporte de nutrientes por via dos tributários é maior na época de chuvas, e a represa da Pampulha retém todos os nutrientes na época seca e exporta os orgânicos na época de chuva; 5) os principais tributários responsáveis pelo aporte de grandes concentrações de nutrientes, matéria orgânica e densidade de microrganismos para o reservatório, são os córregos Ressaca/Sarandi seguido do Água Funda; 6) as águas da represa da Pampulha não devem ser utilizadas pela população para pesca e como balneário. Concluindo, a grande quantidade de nutrientes e densidade de microrganismos presentes em todos os tributários do reservatório são as principais fontes para a manutenção da baixa qualidade da água do reservatório.

ABSTRACT

The artificial reservoir of Pampulha, located in the northwestern portion of Belo Horizonte, is fed by approximately 40 creeks, of which eight are direct affluents, named creeks Tijuco, Mergulhão, Ressaca, Sarandi, Água Funda, Olhos D'Água, AABB. The environmental problems of this dam have their origin in the hydrographic basin. The scope of this work was to set, on a monthly basis, essential limnological parameters (pH, electric conductivity, dissolved oxygen, and water temperature) from either the reservoir and each of its direct affluent creeks. It was aimed to determine fluctuations of essential nutrients (dissolved organic and inorganic carbon, particulate organic carbon, total particulate and dissolved phosphorus, ammonium, nitrate, and nitrite), chemical oxygen demand and organic, inorganic and total suspended solids in-and output. It was assessed to track out variations in water bacteria and yeast populations throughout a whole year cycle. Samples were collected from november/1997 to december/1998, in the affluents, in the reservoir and in the outlet. The results of this work demonstrated that: 1) all tributaries, although presenting spatial differences, bring into the reservoir a large amount of nutrients and microorganisms; 2) the dam presented a temporal pattern, with a increasing in nutrient concentration during the dry season; 3) Pampulha's reservoir exports organic nutrients and retains the inorganic forms in an annual cycle; 4) the load of nutrients from the tributaries is higher in the rainy season, and the reservoir retains all nutrients in the dry season, exporting the organic nutrients in the rainy season; 5) the main tributaries that were responsible for the degradation of the water quality of the Pampulha reservoir were Ressaca/Sarandi and Água Funda; 6) the water of this dam should not be used by local population for swimming and fishing. As a general conclusion, this study showed that the nutrient input and biological contamination by coliforms in all tributaries are the major sources for the maintenance of the poor water quality in the reservoir.

“Desvendamos os segredos da natureza pelas vias mais improváveis. As sociedades naturalmente desejam exercer a influência na decisão sobre que aplicações científicas devem ser buscadas e quais não devem. Mas se não consolidarmos a pesquisa básica, se não apoiarmos a aquisição do conhecimento por seu próprio interesse, nossas opções tornar-se-ão perigosamente limitadas. Sem um incentivo vigoroso, a longo prazo e contínuo, à pesquisa fundamental, ficamos na posição de comer a semente que iria gerar o milho. Podemos escapar da fome e da desnutrição de mais um inverno, mas teremos extinta a última esperança de sobrevivência para o inverno seguinte.”

Carl Sagan (“Os Dragões do Éden”)

SUMÁRIO

LISTA DAS TABELAS.....	i
LISTA DAS FIGURAS.....	iii
1 - INTRODUÇÃO.....	1
2 - OBJETIVOS.....	7
3 - ÁREA DE ESTUDO.....	8
3.1 - <i>Histórico</i>	8
3.2 - <i>A Bacia Hidrográfica da Pampulha</i>	8
3.2.1 - <i>Os Problemas Ambientais das Principais Sub-bacias</i>	10
4 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
4.1 - <i>Fatores Limnológicos Básicos</i>	14
4.1.1 - <i>Oxigênio Dissolvido</i>	14
4.1.2 - <i>Condutividade Elétrica e Temperatura</i>	14
4.1.3 - <i>pH</i>	14
4.2 - <i>Carbono e Demanda Química de Oxigênio</i>	15
4.2.1 - <i>Carbono Orgânico Particulado e Demanda Química de Oxigênio</i>	15
4.2.2 - <i>Carbono Orgânico e Inorgânico Dissolvido</i>	16
4.3 - <i>Sólidos Orgânicos, Inorgânicos e Totais em Suspensão</i>	17
4.4 - <i>Fósforo Total, Solúvel e Particulado</i>	18
4.5 - <i>Série Nitrogenada</i>	19
4.5.1 - <i>Amônia</i>	19
4.5.2 - <i>Nitrito</i>	19
4.5.3 - <i>Nitrato</i>	19
4.6 - <i>Análises Microbiológicas</i>	20
4.6.1 - <i>Coliformes Totais e Fecais</i>	20
4.6.2 - <i>Bactérias Heterotróficas</i>	21
4.6.3 - <i>Leveduras</i>	22
4.7 - <i>Relação entre Nutrientes, Microrganismos, Pontos e Datas de Coleta</i>	22
4.8 - <i>Análises do Balanço Hídrico e de Massa e Tempo de Retenção</i>	23

5 - RESULTADOS.....	26
5.1 - <i>Parâmetros Limnológicos Básicos</i>	27
5.1.1 - <i>Oxigênio Dissolvido</i>	27
5.1.2 - <i>Condutividade Elétrica e Temperatura</i>	28
5.1.3 - <i>pH</i>	29
5.2 - <i>Carbono e Demanda Química de Oxigênio</i>	29
5.2.1 - <i>Carbono Orgânico Particulado e Demanda Química de Oxigênio</i>	29
A) <i>Carbono Orgânico Particulado</i>	29
B) <i>Demanda Química de Oxigênio</i>	30
5.2.2 - <i>Carbono Orgânico e Inorgânico Dissolvido</i>	30
5.3 - <i>Sólidos Orgânicos, Inorgânicos e Totais em Suspensão</i>	31
5.4 - <i>Fósforo Total, Solúvel e Particulado</i>	31
5.5 - <i>Série Nitrogenada</i>	32
5.5.1 - <i>Amônia</i>	32
5.5.2 - <i>Nitrito</i>	33
5.5.3 - <i>Nitrato</i>	33
5.6 - <i>Análises Microbiológicas</i>	34
5.6.1 - <i>Coliformes Totais e Fecais</i>	34
5.6.2 - <i>Bactérias Heterotróficas</i>	35
5.6.3 - <i>Leveduras</i>	35
5.7 - <i>Relação entre Nutrientes, Microrganismos, Pontos e Datas de Coleta</i>	36
5.8 - <i>Análises do Balanço Hídrico e de Massa e Tempo de Retenção</i>	37
6 - DISCUSSÃO.....	40
7 - CONCLUSÕES.....	60
8 - RECOMENDAÇÕES PARA RECUPERAÇÃO E MONITORAMENTO DA REPRESA	62
9 - PROGRAMAS DE RECUPERAÇÃO E GESTÃO DA REPRESA	63
10 - TABELAS E FIGURAS.....	65
11 - BIBLIOGRAFIA.....	108
12 - ANEXOS.....	119

LISTA DAS TABELAS

TABELA I: Área das sub-bacias e vazões médias na época de chuva e seca dos principais tributários da represa da Pampulha (Fonte: SUDECAP 1985).	65
TABELA II: Evolução do grau de eutrofização da represa da Pampulha ao longo dos anos 90. Fonte: Pinto-Coelho <i>et al.</i> 1997, Biomonitoramento Plurianual do Reservatório da Pampulha, convênio PBH/SMMA/SUDECAP.	66
TABELA III: Cronograma das análises realizadas na represa da Pampulha e em seus tributários, durante o período de coleta.	67
TABELA IV: Estimativa do balanço hídrico anual da represa da Pampulha, Belo Horizonte/MG, durante 1998.	68
TABELA V: Estimativa do balanço de massa de sólidos totais (g/s) em suspensão da represa da Pampulha, Belo Horizonte/MG, durante 1998.	68
TABELA VI: Estimativa do balanço de massa de sólidos inorgânicos (g/s) em suspensão da represa da Pampulha, Belo Horizonte/MG, durante 1998.	69
TABELA VII: Estimativa do balanço de massa de sólidos orgânicos (g/s) em suspensão da represa da Pampulha, Belo Horizonte/MG, durante 1998.	69
TABELA VIII: Estimativa do balanço de massa de fósforo total (mg/s) na represa da Pampulha, Belo Horizonte/MG, durante 1998.	70
TABELA IX: Estimativa do balanço de massa de nitrogênio inorgânico dissolvido (mg/s) na represa da Pampulha, Belo Horizonte/MG, durante 1998.	70

TABELA X: Estimativa do balanço de massa do carbono orgânico particulado (g/s) da represa da Pampulha, Belo Horizonte/MG, durante 1998.	71
TABELA XI: Estimativa do balanço de massa do carbono orgânico dissolvido (g/s) da represa da Pampulha, Belo Horizonte/MG, durante 1998.	71
TABELA XII: Estimativa do balanço de massa do carbono inorgânico dissolvido (g/s) da represa da Pampulha, Belo Horizonte/MG, durante 1998.	72
TABELA XIII: Estimativa do tempo de retenção dos diversos parâmetros analisados na represa da Pampulha, Belo Horizonte/MG, durante 1998.	73
TABELA XIV: Percentagem da variância total explicada pelos três primeiros eixos da Análise de Componentes Principais, baseada nos parâmetros medidos na represa da Pampulha e em seus tributários de novembro/97 a dezembro/98.	74

LISTA DAS FIGURAS

- FIGURA 1: Mapa da Bacia Hidrográfica da Pampulha, com as principais sub-bacias, onde estão marcados os pontos de coleta: (A) Córrego Mergulhão, (B) Córrego Tijuco, (C) Córregos Ressaca/Sarandi, (D) Córrego Água Funda, (E) Córrego Baraúna, (F) Córrego AABB, (G) Córrego Olhos D' Água, (H) ponto central na represa e (I) "Tulipa".
.....75
- FIGURA 2: Fotos do Córrego Mergulhão (A), em: (1) janeiro/98, (2) setembro/98 e (3) dezembro/98.
.....76
- FIGURA 3: Fotos do Córrego Tijuco (B), em: (1) janeiro/98, (2) setembro/98 e (3) dezembro/98.
.....77
- FIGURA 4: Fotos dos Córregos Ressaca/Sarandi (C) (depois da ponte), em: (1) janeiro/98, (2) agosto/98 e em (3) dezembro/98.
.....78
- FIGURA 5: Fotos do Córrego Água Funda (D), em: (1) janeiro/98, (2) agosto/98 e em (3) dezembro/98.
.....79
- FIGURA 6: Fotos do Córrego Baraúna (E), em: (1) janeiro/98, (2) agosto/98 e (3) em dezembro/98.
.....80
- FIGURA 7: Fotos do Córrego AABB (F), em: (1) janeiro/98, (2) abril/98 e (3) agosto/98.
.....81
- FIGURA 8: Fotos do Córrego Olhos D' Água (G), em: (1) janeiro/98, (2) agosto/98 e (3) em dezembro/98.
.....82
- FIGURA 9: Fotos da Tulipa (I) em (1) abril/98 e (2) setembro/98, e do (3) Aparato de Coleta.
.....83
- FIGURA 10: Fotos da (1) represa vazia em outubro/98, (2) área da marina do Iate Clube em outubro/98, (3) sujeira no Córrego Água Funda dentro da área do Zoológico/BH em agosto/98 e (4) sujeira comum nas águas da represa (inclusive com garrafas de plástico) em dezembro/98.
.....84

- FIGURA 11: Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) máxima e mínima do ar e pluviosidade (mm) na região da Pampulha em Belo Horizonte/MG, durante o período de novembro/1997 a dezembro/1998.
.....85
- FIGURA 12: Concentração do oxigênio dissolvido ($\text{mgO}_2\cdot\text{l}^{-1}$) nos córregos (A) Mergulhão, (B) Tijuco, (C) Ressaca/Sarandi, (D) Água Funda, (E) Baraúna, (F) AABB, (G) Olhos D' Água e na (H) represa da Pampulha, de novembro/97 a dezembro/98, em Belo Horizonte/MG.
.....86
- FIGURA 13: Isolinhas da distribuição da concentração de oxigênio dissolvido ($\text{mgO}_2\cdot\text{l}^{-1}$) em diversas profundidades da coluna d'água da represa da Pampulha, de dezembro/97 a dezembro/98, em Belo Horizonte/MG.
.....87
- FIGURA 14: Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) da água, nos córregos (A) Mergulhão, (B) Tijuco, (C) Ressaca/Sarandi, (D) Água Funda, (E) Baraúna, (F) AABB, (G) Olhos D' Água e na (H) represa da Pampulha, de novembro/97 a dezembro/98, em Belo Horizonte/MG.
.....88
- FIGURA 15: Isotermas em diversas profundidades da coluna d'água da represa da Pampulha, de dezembro/97 a dezembro/98, em Belo Horizonte/MG.
.....89
- FIGURA 16: Valores da condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a 25°C), nos córregos (A) Mergulhão, (B) Tijuco, (C) Ressaca/Sarandi, (D) Água Funda, (E) Baraúna, (F) AABB, (G) Olhos D' Água e na (H) represa da Pampulha, de novembro/97 a dezembro/98, em Belo Horizonte/MG.
.....90
- FIGURA 17: Valores de pH nos córregos (A) Mergulhão, (B) Tijuco, (C) Ressaca/Sarandi, (D) Água Funda, (E) Baraúna, (F) AABB, (G) Olhos D' Água e na (H) represa da Pampulha, de novembro/97 a dezembro/98, em Belo Horizonte/MG.
.....91
- FIGURA 18: Concentração do carbono orgânico particulado ($\text{mgC}\cdot\text{l}^{-1}$), nos córregos (A) Mergulhão, (B) Tijuco, (C) Ressaca/Sarandi, (D) Água Funda, (E) Baraúna, (F) AABB, (G) Olhos D' Água e na (H) represa da Pampulha, de novembro/97 a dezembro/98, Belo Horizonte/MG.
.....92
- FIGURA 19: Concentração da demanda química de oxigênio ($\text{mgO}_2\cdot\text{l}^{-1}$), nos córregos (A) Mergulhão, (B) Tijuco, (C) Ressaca/Sarandi, (D) Água Funda, (E) Baraúna, (F) AABB, (G) Olhos D' Água e na (H) represa da Pampulha, de novembro/97 a dezembro/98, Belo Horizonte/ MG.
.....93

- FIGURA 20: Concentração do carbono orgânico (COD) e inorgânico (CID) dissolvido (mgC.l^{-1}), nos córregos (A) Mergulhão, (B) Tijuco, (C) Ressaca/Sarandi, (D) Água Funda, (E) Baraúna, (F) AABB, (G) Olhos D' Água e na (H) represa da Pampulha, de novembro/97 a dezembro/98, Belo Horizonte/MG.
.....94
- FIGURA 21: Concentração de sólidos inorgânicos (SI), orgânicos (SO) e totais em suspensão (mg.l^{-1}), nos córregos (A) Mergulhão, (B) Tijuco, (C) Ressaca/Sarandi, (D) Água Funda, (E) Baraúna, (F) AABB, (G) Olhos D' Água e na (H) represa da Pampulha de novembro/97 a dezembro/98, Belo Horizonte/MG.
.....95
- FIGURA 22: Concentrações de fósforo total (FT), solúvel (FS) e particulado (FP) ($\mu\text{g P-PO}_4.\text{l}^{-1}$), nos córregos (A) Mergulhão, (B) Tijuco, (C) Ressaca/Sarandi, (D) Água Funda, (E) Baraúna, (F) AABB e (G) Olhos D' Água e na (H) represa da Pampulha, de novembro/97 a dezembro/98, Belo Horizonte/MG.
.....96
- FIGURA 23: Concentrações de nitrato, nitrito e amônia ($\mu\text{g.l}^{-1}$), nos córregos (A) Mergulhão, (B) Tijuco, (C) Ressaca/Sarandi, (D) Água Funda, de novembro/97 a dezembro/98, Belo Horizonte/MG.
.....97
- FIGURA 24: Concentrações de nitrato, nitrito e amônia ($\mu\text{g.l}^{-1}$), nos córregos (E) Baraúna, (F) AABB e (G) Olhos D' Água e na (H) represa da Pampulha, de novembro/97 a dezembro/98, Belo Horizonte/MG.
.....98
- FIGURA 25: Logatrítmo da densidade de coliformes totais e fecais (NMP.100ml^{-1}), nos córregos (A) Mergulhão, (B) Tijuco, (C) Ressaca/Sarandi, (D) Água Funda, (E) Baraúna, (F) AABB e (G) Olhos D' Água e na (H) represa da Pampulha, de janeiro/98 a dezembro/98, Belo Horizonte/MG.
.....99
- FIGURA 26: Logatrítmo da densidade de bactérias heterotróficas (UFC.ml^{-1}), nos córregos (A) Mergulhão, (B) Tijuco, (C) Ressaca/Sarandi, (D) Água Funda, (E) Baraúna, (F) AABB e (G) Olhos D' Água e na (H) represa da Pampulha, de fevereiro/98 a dezembro/98, Belo Horizonte/MG.
.....100
- FIGURA 27: Logatrítmo da densidade de leveduras (UFC.ml^{-1}), nos córregos (A) Mergulhão, (B) Tijuco, (C) Ressaca/Sarandi, (D) Água Funda, (E) Baraúna, (F) AABB e (G) Olhos D' Água e na (H) represa da Pampulha, de abril/98 a dezembro/98, Belo Horizonte/MG.
.....101

FIGURA 28: Análise de Componentes Principais de todos o parâmetros medidos de novembro/97 a dezembro/98 na represa da Pampulha e em seus tributários.	102
FIGURA 29: Ordenação dos tributários e da represa da Pampulha em relação aos eixo 1 e 2 segundo os parâmetros selecionados no PCA, de novembro/97 a dezembro/98.	103
FIGURA 30: Ordenação das datas de coleta em relação aos eixo 1 e 2 segundo os parâmetros selecionados no PCA, de novembro/97 a dezembro/98.	103
FIGURA 31: Desenho esquemático do balanço hídrico (m^3/s) anual da represa da Pampulha, Belo Horizonte/MG, durante 1998.	104
FIGURA 32: Desenho esquemático do balanço anual de massa do sólidos totais em suspensão (ton/ano) na represa da Pampulha, em Belo Horizonte/MG, durante 1998.	104
FIGURA 33: Desenho esquemático do balanço de massa anual do sólidos inorgânicos em suspensão (ton/ano) na represa da Pampulha, em Belo Horizonte/MG, durante 1998.	105
FIGURA 34: Desenho esquemático do balanço de massa anual do sólidos orgânicos em suspensão (ton/ano) na represa da Pampulha, em Belo Horizonte/MG, durante 1998.	105
FIGURA 35: Desenho esquemático do balanço de massa anual do fósforo total (ton/ano) na represa da Pampulha, em Belo Horizonte/MG, durante 1998.	106
FIGURA 36: Desenho esquemático do balanço de massa anual do nitrogênio inorgânico dissolvido (ton/ano) na represa da Pampulha, em Belo horizonte/MG, durante 1998.	106
FIGURA 37: Desenho esquemático do balanço de massa anual do carbono orgânico particulado (ton/ano) na represa da Pampulha, em Belo Horizonte/MG, durante 1998.	107

1 - INTRODUÇÃO

Os corpos-d'água são utilizados pelo homem de várias maneiras para diversos fins. Entre esses podemos citar: abastecimento de água, irrigação de lavouras, lazer, alimentação e despejo de águas residuais brutas (entre essas o esgoto doméstico e industrial). O uso da água, principalmente no caso deste último fim, têm sido o principal responsável pelas sérias e indesejáveis conseqüências da eutrofização artificial. A eutrofização é um fenômeno associado a um aumento excessivo da produção da biomassa de produtores primários (autótrofos), sendo geralmente causada pelo aumento da concentração de nutrientes (Hutchinson 1975). Tal fenômeno pode ser natural ou artificial. Em ecossistemas não perturbados, a eutrofização é um processo lento e contínuo que resulta do aporte de nutrientes trazidos pelas chuvas e pelas águas superficiais, que erodem e lavam a superfície terrestre. A eutrofização artificial (cultural ou antrópica) é induzida pelo homem, e pode ter diferentes origens, como: efluentes domésticos, efluentes industriais e/ou de atividades agrícolas (Esteves 1988). O aumento das concentrações de nitrogênio e fósforo são as principais causas da eutrofização em ecossistemas de água doce e marinhos (Hutchinson 1975, Margalef 1983, Wetzel 1983, Esteves 1988, Faafeng & Roseth 1993, Straskraba *et al.* 1995, Gibson *et al.* 1996)

Vários estudos limnológicos recentes têm-se concentrado na transferência do carbono orgânico nas cadeias tróficas de lagos, rios e oceanos e têm demonstrado a importância desse tipo de estudo para um melhor entendimento da dinâmica de ecossistemas aquáticos (Azam *et al.* 1983, Rai 1984, Rosso & Azam 1987, Schoenberg 1990, Hessen *et al.* 1990, Bloesch & Uehlinger 1990, Weisse *et al.* 1990, Callieri *et al.* 1991, Azam 1998). Outros autores têm utilizado a medida do carbono orgânico para a caracterização de lagos e rios quanto ao seu grau de eutrofização ou para caracterizar a origem da matéria orgânica, autóctone ou alóctone. A medida do carbono orgânico ainda têm sido utilizada para monitorar a influência de diferentes tipos de "inputs" em diferentes ecossistemas (Sondergaard 1984, Devol *et al.* 1984, Blanchot *et al.* 1989, Grubaugh & Anderson 1989, Alberts *et al.* 1990, Wen 1992).

O fluxo do carbono orgânico particulado nas teias alimentares pelágicas é um dos principais discriminadores de tipos de lagos (Hessen *et al.* 1990). Usualmente, uma relação positiva entre a produtividade primária e a concentração do carbono orgânico

tem sido demonstrada para ecossistemas aquáticos (Sondergaard 1984, Callieri *et al.* 1991, Makrager *et al.* 1994). Entretanto, para alguns lagos, essa relação não é encontrada. Wen (1992) demonstrou uma relação negativa entre o carbono orgânico particulado e a clorofila no Lago Chenhu. Em lagos húmicos, a biomassa e a produção do plâncton heterotrófico (bactéria e zooplâncton) são sempre muito maiores do que do fitoplâncton, indicando diferentes caminhos do carbono orgânico na teia alimentar. Nesses lagos os detritos constituem quase 90% do carbono orgânico particulado, sendo grande parte de origem alóctone (Hessen *et al.* 1990).

Estimativas recentes do balanço entre produção e consumo de carbono sugerem que a correlação entre a biomassa algal e o carbono orgânico deve ser fraca para a represa da Pampulha, possivelmente resultante do fato de que a maior parte do "pool" do carbono orgânico sestônico estaria mais relacionada à frações não pigmentadas (Araújo & Pinto-Coelho 1998). Considera-se séston todo material particulado suspenso na água (Esteves 1988). Em estudo recente sobre o carbono orgânico particulado e dissolvido na represa da Pampulha, Tôres *et al.* (1998) encontraram resultados que demonstram que o carbono referente às algas apresenta fraca associação com carbono orgânico total.

Segundo Sondegaard (1984), o COD (carbono orgânico dissolvido) é o principal constituinte do 'pool' de carbono em ecossistemas aquáticos e, graças a atividade bacteriana, pode ser parcialmente convertido a COP (carbono orgânico particulado) e se tornar disponível para níveis tróficos superiores. Grande parte do "input" de COD em lagos deriva de fontes terrestres (Wetzel 1984). Em um dado lago, as quantidades de COD e COP e sua razão são quase constantes de ano a ano (COD:COP - 10:1), e desvios nessa constância ocorrem em regiões onde há o desenvolvimento de uma alta densidade populacional de microrganismos. Esse é o caso de pequenos estratos na interface meta-hipolimnio onde as bactérias se desenvolvem, e a razão COD:COP chega a 1:1. Em rios essa razão pode variar de 1:1 a 10:1 (com um valor médio de 6:1) (Wetzel 1984). Ainda, segundo Wetzel (1984), eventos como um alto declínio da população da comunidade de macrófitas e de fitoplâncton e uma alta precipitação podem levar a um aumento ou diminuição do COD.

O fósforo é essencial ao crescimento dos organismos e pode ser o nutriente limitante da produtividade de um corpo-d'água (Margalef 1983). Esse elemento ocorre em águas naturais e em águas residuais principalmente como ortofosfato. Em locais

onde o fósforo é um fator limitante, o lançamento de esgotos tratados ou não, drenagem de campos agrícolas em lagos e rios podem estimular o crescimento exagerado de vários tipos de organismos aquáticos (Greenberg *et al.* 1992).

De maneira geral, o fósforo é o principal responsável pela eutrofização artificial e usualmente essa só se estabelece em função do crescimento no aporte de fósforo. O fósforo que entra em um lago é compensado pela saída do lago pelos efluentes, pela fração que é depositada no sedimento e pela quantidade que é incorporada na biomassa dos organismos. O fósforo que fica retido no sedimento pode voltar à coluna-d'água se ocorre um revolvimento do substrato do fundo do lago, o que conseqüentemente leva a um aumento da eutrofização (Margalef 1983). O fósforo pode chegar a um corpo-d'água através de rochas ricas nesse elemento (apatita), de efluentes domésticos, industriais e de agricultura e ainda pela precipitação atmosférica (Caraco 1993).

O fósforo é imprescindível para o metabolismo de organismos aquáticos sendo que os autotróficos devem retirar fósforo do ambiente. A importância do fósforo para as funções celulares conjuntamente com sua relativa baixa disponibilidade no ambiente, são razões pelas quais a fertilização por fósforo pode aumentar a produção autotrófica. Esse aumento de fósforo pode levar um lago a se tornar eutrófico ou hipereutrófico. As águas hipereutróficas são usualmente caracterizadas por algas de odores fétidos, condições de hipóxia (que leva à mortandade de peixes) e “*blooms*” de algas potencialmente venenosas (Caraco 1993).

O nitrogênio ocorre em corpos-d'água doce em diversas formas: N_2 molecular dissolvido, compostos húmicos refratários de baixo conteúdo de nitrogênio, e ainda amônia (NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). As principais fontes de nitrogênio são: precipitação, fixação de nitrogênio na coluna-d'água e em sedimentos, aporte via águas superficiais e subterrâneas e, ainda, aporte via esgotos domésticos e industriais. As principais “perdas” de nitrogênio ocorrem pela: saída pelo efluente, redução do nitrato a N_2 (com subseqüente retorno para atmosfera) e ainda uma permanente perda pela sedimentação de compostos orgânicos e inorgânicos (Wetzel 1983).

Os nutrientes presentes em lagos, rios e oceanos são retirados dos corpos-d'água e metabolizados por diversos organismos aquáticos. Segundo Wetzel (1996), as algas e as bactérias heterotróficas, e ainda as macrófitas, são as principais responsáveis pela ciclagem dos nutrientes e também da matéria orgânica em lagos e rios. Entretanto, não se pode deixar de ressaltar também a importância do zooplâncton na ciclagem de

fósforo (Pinto-Coelho *et al.* 1997). A introdução da teoria do “*microbial loop*” ressaltou a importância das bactérias na ciclagem de nutrientes (Pomeroy 1974, Azam *et al.* 1983). Azam *et al.* (1992) afirmam que as bactérias são metabolicamente capazes de exibir plasticidade em suas funções dentro do ecossistema: criam ‘novas bactérias’ (reprodução e biomassa) pela assimilação da matéria orgânica dissolvida, mas também solubilizam e fragmentam os detritos com suas enzimas hidrolíticas. Apesar da importância desses estudos existem poucos trabalhos sobre o tema em lagos tropicais.

As bactérias e os fungos, presentes em corpos-d’água, utilizam a matéria orgânica dissolvida e são oportunistas, multiplicando-se rapidamente quando as condições são favoráveis. A via detrítica ocorre quando a matéria orgânica morta não é imediatamente utilizada, sendo paulatinamente decomposta por microrganismos. Esse transporte, pela via detrítica, é especialmente importante em lagos eutróficos e ao longo de rios (Margalef 1983).

O monitoramento microbiológico, de organismos relevantes num contexto sanitário, de ecossistemas aquáticos é usualmente realizado através de indicadores de poluição fecal, representados pela contagem do grupo coliformes. A contaminação de águas recreacionais por materiais de origem fecal não é desejada por acarretar problemas a saúde e por razões estéticas (Araújo 1990). A contagem de coliformes fecais é o método mais empregado como indicador de poluição fecal em ambientes aquáticos (Ceballos 1995). No entanto, apesar de alguns autores (Hagler *et al.* 1986, Ceballos 1995, Peçanha 1996) questionarem a validade do uso desse método em ecossistemas aquáticos de regiões tropicais, esse é um método eficiente para se verificar a condição sanitária desses ambientes (Araújo 1990). Outra questão relevante, é a utilização desse parâmetro pelos órgãos administrativos para classificar os corpos-d’água quanto ao seu destino e uso e quanto à sua condição sanitária.

O estudo das flutuações sazonais das populações de leveduras em ecossistemas aquáticos pode proporcionar informações seguras sobre os possíveis desequilíbrios provocados pelo aporte de material alóctone nesses ambientes. A partir da observação de que o número de leveduras aumenta em locais onde ocorrem descargas de esgotos, vários pesquisadores têm sugerido o uso dessas como indicadores microbiológicos de poluição (Hagler *et al.* 1986, Rosa *et al.* 1995, Morais *et al.* 1996).

Cooke (1963, 1965) observou a existência de uma grande diversidade de leveduras em todos os estágios de tratamento de esgoto e ainda, que ocorriam em alta

densidade em águas naturais que recebiam efluentes de esgotos domésticos. Spencer *et al.* (1970) verificaram que o número mínimo de leveduras isoladas do rio Saskatchewan (Canadá), antes da passagem pela cidade de Saskatoon, era 1000 vezes menor do que imediatamente após a cidade. Ainda, Spencer *et al.* (1974), em estudo que englobou lagos e rios da mesma cidade no Canadá, observaram que na maioria das vezes as contagens de leveduras foram altas em amostras feitas em rios e lagos próximos à cidade. Quinn (1984) sugere que a presença de números elevados de leveduras poderia ser utilizado como um bom indicador de enriquecimento orgânico periódico ou localizado em ambientes aquáticos.

A estimativa do aporte de nutrientes via córregos e o balanço de massa de nutrientes em lagos e reservatórios têm-se tornado uma medida útil para se estabelecerem práticas de manejo para ambientes aquáticos (Carney *et al.* 1993, Vadeboncoeur 1994, Straskraba *et al.* 1995, Young *et al.* 1996, Barbosa *et al.* 1998). Usualmente, córregos que recebem uma grande carga de nutrientes resultantes de atividades antrópicas carregam para os lagos e reservatórios uma grande concentração de nutrientes. Esse grande aporte de nutrientes acarretará diversas consequências ecológicas para o corpo-d'água receptor (Krug 1993, Straskraba *et al.* 1995, Noges *et al.* 1998). As águas que saem de um lago possuem concentrações de nutrientes diferentes das que entram devido a processos bióticos e abióticos que ocorrem dentro desses ecossistemas (Straskraba *et al.* 1995). Ao receber águas com grandes concentrações de nutrientes, lagos e reservatórios podem se transformar em fontes de exportação ou de retenção de nutrientes (Krug 1993, Svendsen & Krovang 1993, Noges *et al.* 1998).

No Brasil e na maioria dos países de 3º mundo, a maior parte do esgoto bruto (tanto doméstico quanto industrial) é jogada sem nenhum tratamento prévio nos cursos-d'água, que em sua maioria irão desaguar em um reservatório ou lago. Esse grande aporte de matéria orgânica e poluentes tem sido relatado como o principal responsável pela eutrofização de uma grande variedade de lagos. Isso tem gerado uma preocupação crescente com o alto grau de poluição em que se encontram hoje os lagos e os reservatórios de água doce. Dessa forma, é de extrema importância conhecer e quantificar a microbiota e os parâmetros físicos e químicos (incluindo aí os nutrientes essenciais: nitrogênio, carbono e fósforo) tanto nos tributários quanto no próprio ambiente lacustre. O conhecimento dos aspectos diferenciais, das características de

aporte de nutrientes e microrganismos, de cada tributário é essencial para o melhor conhecimento da dinâmica da eutrofização em lagos e reservatórios. Ainda, esse é um elemento chave no estabelecimento de diretrizes específicas para o seu monitoramento, manejo e recuperação.

Estudos realizados na represa da Pampulha (Belo Horizonte/MG) tem relatado que este reservatório apresenta características de lagos eutróficos sendo as principais: altas concentrações de nutrientes e carbono, condições de hipóxia entre outras (Champs 1992, Pinto-Coelho 1994, Giani 1994, von Sperling 1997, Barbosa *et al.* 1998).. Este estado de eutrofia tem sido relacionado ao aporte de altas concentrações de nutrientes no reservatório por via dos tributários. Assim, o estudo das características físicas, químicas e biológicas dos tributários e do reservatório é essencial para se determinar ações para o monitoramento, gestão, manejo e recuperação do reservatório.

2 - OBJETIVOS

- 1) Caracterizar as águas dos tributários e da represa da Pampulha em relação aos fatores limnológicos básicos (pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e temperatura da água) em um ciclo anual, através de coletas mensais.
- 2) Determinar as dinâmicas espaço - temporais do fósforo particulado, solúvel e total, do carbono orgânico particulado e carbono orgânico e inorgânico dissolvidos, de nitrato, nitrito e amônia, dos sólidos orgânicos, inorgânicos e totais em suspensão nos tributários, no corpo central da represa e no efluente, ao longo de um ciclo anual.
- 3) Determinar e comparar a densidade dos microrganismos de significado sanitário (coliformes, bactérias e leveduras) nos tributários e na represa da Pampulha ao longo de um ciclo anual.
- 4) Mensurar o aporte de nutrientes via tributários em um ciclo anual, conjugando os dados das concentrações de nutrientes com as vazões dos tributários.
- 5) Verificar o papel do reservatório da Pampulha como retentor ou exportador de biomassa e nutrientes, através do balanço de massa de carbono, nitrogênio (inorgânico), fósforo inorgânico, sólidos bem como balanço hídrico no ano de 1998.

3 - ÁREA DE ESTUDO

3.1 - Histórico

Na época da fundação da cidade de Belo Horizonte (1897), a região onde se encontra a represa da Pampulha era constituída de áreas de expansão agrícola, caracterizadas por baixas densidades populacionais. Nas décadas de 20 e 30 observa-se uma ocupação urbana mais expressiva, e entre o período de 1936 e 1938, ocorre a construção da barragem da Pampulha. Em 1941 começa a implantação do “Complexo Lazer Pampulha” projetado pelo arquiteto Oscar Niemayer, pelo paisagista Burle Marx e pelo artista plástico Cândido Portinari. Desse Complexo de lazer constam as obras: Iate Tênis Clube, o Cassino (atual Museu da Pampulha), a Igreja São Francisco de Assis e a Casa do Baile (hoje considerados acervo cultural nacional, tombados pelo decreto 23649 de 26/06/84) (SUDECAP 1997).

Na década de 40 começa a ocupação urbana da área pelas classes mais favorecidas, e na década de 50 observa-se a consolidação da Pampulha como pólo urbano. Em 1954 a barragem da Pampulha sofre um rompimento, com subsequente reconstrução em 1958. No final da década de 50 ocorre o aparecimento de motéis, do Zoológico e do Estádio de Futebol “Mineirão” na região (SUDECAP 1997).

A partir das décadas de 60 e 70, a área da Pampulha é marcada por um perfil de ocupação heterogêneo. O crescimento desordenado (expansão imobiliária sem um planejamento adequado) da região, bem como de toda a cidade, leva a bacia hidrográfica da Pampulha a sofrer diversos problemas ambientais de origem antrópica (SUDECAP 1997).

3.2 - A Bacia Hidrográfica da Pampulha

A represa da Pampulha situa-se na região noroeste de Belo Horizonte (43°56'47"W e 19°55'09"S), e apresenta um volume de 11,3 milhões de m³ de água, cerca de 2,4 km² de área e uma profundidade máxima de aproximadamente 15m. As profundidades variam de 4 a 6m dependendo do braço ou da região da represa. A Bacia Hidrográfica da Pampulha possui uma área de 9.757,2 hectares, sendo 4.298,6 hectares (44%) no município de Belo Horizonte e 5.458,6 hectares (56%) na cidade de

Contagem. Faz parte da Bacia do Córrego do Onça, integrante da Bacia do Rio das Velhas que, por sua vez, faz parte da Bacia do Rio São Francisco (SUDECAP 1997).

A fluviografia da bacia inclui cerca de 40 córregos, dos quais 19 situam-se em Belo Horizonte e 21 em Contagem. Desses, 8 são tributários diretos da represa: Córregos Tijuco, Mergulhão, Ressaca, Sarandi, Água Funda, Baraúna, AABB, Olhos D'água. Os restantes 29 córregos são afluentes desses tributários ou afluentes secundários (Champs 1992) (TAB. I, FIG. 1). Os problemas ambientais existentes na represa da Pampulha têm origem na sua bacia hidrográfica (Champs 1992, von Sperling 1997). É na bacia que são produzidos os sedimentos que levam ao assoreamento, bem como o esgoto e o lixo que poluem as águas. Esses poluentes causam mau odor e contaminação tóxica provocando as freqüentes ocorrências de superpopulação da vegetação aquática (Champs 1992, von Sperling 1997). Outro fator agravante é a presença de garrafas de plástico e vidro (que em princípio poderiam ser recicladas) e diversos tipos de embalagens e materiais jogados pela população, que chegam na represa por via dos tributários, levando a uma degradação estética. Além disso, são encontrados, esporadicamente, nas águas dos tributários (principalmente no Córrego Água Funda) e da represa animais mortos, devido a falta de um serviço de recolhimento de carcaças de animais (FIG. 10).

Todos os córregos carregam para o reservatório esgotos domésticos brutos em diferente níveis, oriundos de uma população aproximada de 150.000 habitantes, além de esgotos industriais da região do Centro Industrial de Contagem. Não existe um cadastro sobre a situação real de esgotos domésticos e industriais lançados nos tributários (Champs 1991). Aliado a esse fato, há ainda o despejo de resíduos sólidos e líquidos, incluindo o "chorume" de aterros sanitários, e outros poluentes resultantes de atividades comerciais e industriais não cadastradas e emissários clandestinos de esgotos que contribuem para piorar qualidade da água da Represa (Champs 1992, Novais 1992). Outros fatores agravantes são o despejo clandestino de caminhões "limpa-fossas" e a descarga de águas de piscinas dos clubes situados na região do reservatório (Champs 1992). A poluição dos córregos levou a eutrofização do reservatório, o que pode ser observado pelo aumento das concentrações de fósforo total e amônia ao longo da década de 90 (TAB. II).

3.2.1 - Os problemas ambientais das principais sub-bacias

Como foi descrito anteriormente, os problemas ambientais da represa da Pampulha têm origem nas suas sub-bacias. Serão descritas a seguir as principais características e problemas das sub-bacias, segundo Relatório da SUDECAP (1997):

A) Sub- bacias dos córregos Mergulhão e Tijuco (FIG. 2 e 3):

Essa área é ocupada por grandes empreendimentos: a UFMG, Mineirão e Mineirinho, USIMINAS, Gontijo (empresa de transporte), Carrefour, Promove, Restaurantes e serviços do Bairro Ouro Preto e ainda loteamentos pouco adensados. Os principais problemas identificados são:

- ↪ remoção das camadas do solo nas áreas de pedreiras do Engenho Nogueira;
- ↪ lixo e material de construção em disposição irregular;
- ↪ caminhos e estradas não pavimentados;
- ↪ poluição hídrica por esgoto doméstico e por óleos da manutenção dos ônibus da empresa Gontijo e de diversos postos de gasolina.

O Córrego do Mergulhão possui uma extensão de 1km canalizado por canal aberto de concreto, um trecho de leito natural de 2km, sendo que 1,5km desses estão dentro da UFMG.

O Córrego Tijuco encontra-se quase totalmente tratado por canalização celular fechada da Av. Fleming.

B) Sub-bacia do Córrego Sarandi (FIG. 4):

Essa é a maior sub-bacia, sendo considerada a principal fonte de sedimentos e poluentes. Seus principais problemas são:

- ↪ altos taludes de depósito de lixo de Contagem levam detritos e chorume (resíduo líquido de depósitos de lixo e aterros sanitários);
- ↪ ocupações inadequadas, que se agravam em áreas ocupadas pela população de baixa renda (ausência de saneamento básico e infra-estrutura precária);
- ↪ lotes industriais com pontos de aterro desprotegidos e ravinados;
- ↪ “bota-fora” (lixo urbano, entulho e material de construção em disposição irregular) ilegais em vertentes íngremes e sem disposição adequada;
- ↪ extração de areia clandestina e sem orientação técnica;
- ↪ desmatamento generalizado e remoção da mata ciliar.

O Córrego do Sarandi possui uma extensão de 16,7km. Desse total, 2,9km estão em Belo Horizonte, canalizados com canal aberto em concreto com vias públicas nas laterais. O restante, pertencente a região de Contagem, encontra-se parcialmente tratado por canalização e obra de via sanitária.

C) Sub-bacia do Córrego Ressaca (FIG. 4):

Os principais problemas dessa sub-bacia são:

- ⇨ intensa erosão;
- ⇨ depósitos irregulares de lixo e “bota-fora”;
- ⇨ ruas não pavimentadas;
- ⇨ áreas decapeadas (sem cobertura com o solo exposto);
- ⇨ sedimentos advindos de lotes do bairro Castelo;
- ⇨ sulcos em taludes do Aterro Sanitário de Belo Horizonte.

O Córrego Ressaca possui extensão de 9,6km, sendo 9km já tratados por canalização com vias públicas.

D) Sub-bacia do Córrego Água Funda (FIG. 5):

Os principais problemas dessa sub-bacia são:

- ⇨ remoção da vegetação e camada superior do solo;
- ⇨ emissão de esgoto doméstico e industrial;
- ⇨ “bota-fora” e material de aterro;
- ⇨ lançamento de resíduos sólidos, principalmente de lixo domiciliar;
- ⇨ extração de areia e argila do leito.

Esse Córrego possui uma extensão de 4km, a maior parte pertencente ao município de Contagem. Cerca de 1km está situado dentro da área da Fundação Zoobotânica (Zoológico).

E) Sub-bacia do Córrego Baraúna (FIG. 6):

Essa sub-bacia localiza-se em uma região caracterizada por áreas pouco urbanizadas e de ocupação recente, sendo seus principais problemas:

- ⇨ esgotos clandestinos;
- ⇨ “bota-fora” irregular.

Esse córrego possui uma extensão de 2,7km em leito natural. Esse tributário deságua na represa sob a Av. Otacilio Negrão de Lima, sendo nesse ponto canalizado por galeria celular. O curso-d'água atravessa áreas de ocupação rarefeita principalmente de sítios e chácaras, onde predomina o uso de fossas sépticas.

F) Sub-bacia do Córrego AABB (FIG. 7):

Essa é a menor das sub-bacias com 1,19km de extensão, possuindo córrego canalizado. Sua foz apresenta aporte de sedimentos finos provenientes da erosão em lotes ocupados e desmatados. Há ainda a presença de esgotos clandestinos.

Na área de influência desse córrego está a Associação Atlética Banco do Brasil (AABB). Durante as coletas foram obtidas informações de funcionários da AABB de que esse estabelecimento despeja a água das piscinas diretamente no córrego.

G) Sub-bacia do Córrego Olhos D' Água (FIG. 8):

Atualmente esse vem sofrendo uma intensa ocupação, com edificações de alto padrão. É afetado principalmente por:

- ⇨ descarte de resíduos sólidos no leito do córrego, lotes vagos e nas vias públicas;
- ⇨ ocupação do leito;
- ⇨ esgotos clandestinos;
- ⇨ movimentação intensa de terra no interior dos lotes;
- ⇨ ruas não pavimentadas;
- ⇨ desmatamento a montante e eliminação da mata ciliar;
- ⇨ canalização de parte do córrego.

Esse córrego possui uma extensão de 3,25km e um número aproximado de 6.400 habitantes em sua bacia.

4 - MATERIAIS E MÉTODOS

Esse trabalho foi realizado durante o período de novembro de 1997 a dezembro de 1998. Os seguintes tributários (FIG. 1) foram amostrados: Córrego Mergulhão (FIG. 2), Tijuco (FIG. 3), Ressaca/Sarandi (FIG. 4), Água Funda (FIG. 5), Baraúna (FIG. 6), AABB (FIG. 7) e Olhos D' Água (FIG. 8). Os córregos Ressaca/Sarandi foram considerados como apenas um ponto de coleta após suas confluências, que ocorrem em um ponto mais afetado da represa. Ainda, foram coletadas amostras a 1 m de profundidade em um ponto central da represa, bem como no efluente (que será referido aqui como "Tulipa") (FIG. 9). As amostras de água foram coletadas a 1 m de profundidade devido ao fato da transparência da água no ponto de coleta não ter sido superior a 80 cm durante o período de coleta (ANEXO XII). A coleta na "Tulipa" começou a ser feita só a partir de abril de 1998 devido a problemas de ordem prática para a realização das amostragens. Todos os pontos de coleta (nove ao todo) foram amostrados mensalmente, sendo que a coleta nos córregos foi realizada um dia antes da coleta na represa e na "Tulipa" um dia depois.

As amostras foram coletadas no ponto de desembocadura dos tributários (na represa), e a 1 m de profundidade na represa e na "Tulipa". Para as análises de carbono, fósforo, série nitrogenada e sólidos em suspensão as amostras de água foram coletadas em garrafas de plástico de polietileno branco, previamente lavadas em banho ácido e água destilada. As coletas foram feitas através de um aparato de coleta construído com tubos de PVC, rolha e mangueira, onde a garrafa de polietileno de 500ml foi acoplada em uma extremidade. O aparato foi então mergulhado nos córregos e a garrafa era preenchida pela água por diferença de pressão do ar. Esse aparato evitou o contato com as águas a serem coletadas (FIG. 9).

Para as análises microbiológicas, as amostras foram coletadas em garrafas de vidro de 200 ml previamente esterilizadas. As garrafas foram mergulhadas nos tributários e na represa e recolhidas por um barbante. As garrafas de vidro e de plástico foram acondicionadas em uma caixa de isopor com gelo e assim transportadas até o laboratório. A tabela III mostra as datas de coleta e as análises realizadas em cada ponto de amostragem.

4.1 - Fatores Limnológicos Básicos

Os fatores limnológicos básicos, em todos os pontos de amostragem, foram determinadas '*in situ*' no dia de cada coleta.

4.1.1 - Oxigênio Dissolvido (OD)

Os níveis de oxigênio dissolvido em águas naturais depende das atividades físicas, químicas e bioquímicas presentes no corpo-d'água. O OD foi determinado com auxílio de um oxímetro de campo Yellow Springs I55 e sua concentração foi expressa em $\text{mgO}_2.\text{l}^{-1}$.

4.1.2 - Condutividade Elétrica e Temperatura

A condutividade elétrica é uma medida da habilidade que uma solução aquosa tem de conduzir corrente elétrica. Essa habilidade depende da concentração total, mobilidade e valência dos íons e da temperatura. Soluções da maioria de compostos inorgânicos são bons condutores, enquanto que as moléculas de compostos orgânicos, que não se dissociam em solução aquosa são maus condutores de corrente elétrica (Mackereth *et al.* 1978). A condutividade elétrica e a temperatura da água foram determinadas através de termistor Yellow Springs I30, sendo suas medidas expressas em $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ e $^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Os valores de condutividade elétrica foram posteriormente corrigidos para 25°C , segundo tabela de conversão (Golterman *et al.* 1978).

4.1.3 - pH

O pH foi determinado no laboratório através do analisador eletroquímico Jenway 3440.

4.2 - Carbono e Demanda Química de Oxigênio

4.2.1 - Carbono Orgânico Particulado (COP) e Demanda Química de Oxigênio (DQO)

No mesmo dia da coleta, as amostras foram filtradas a vácuo em filtro de camada seca de diatomito pré-filtrado com aproximadamente 2 mm de espessura, que retém partículas sestônicas, incluindo 90% das bactérias de vida livre (Simon & Tilzer 1987). Aproximadamente, 8 ml da solução aquosa de 0,03 p/v de pó de diatomito (p.a. isento de matéria orgânica, pré-incinerado), foram colocados sobre um filtro de fibra de vidro Schleicher & Schüll de diâmetro igual a 25 mm sob pressão a vácuo. Foram filtradas duas alíquotas de 130 ml de amostra da água de cada ponto de coleta e, como branco foram filtradas duas amostras contendo apenas a camada de diatomito. Os filtros contendo a camada de diatomito foram colocados separadamente em placas de Petri acrílicas e transferidos para um dessecador com sílica gel até que o material se encontrasse totalmente seco.

O carbono orgânico particulado (COP) foi estimado através da medida da demanda química de oxigênio (DQO), segundo o Método de Refluxo Aberto descrito em APHA (Greenberg *et al.* 1992). A DQO é utilizada como uma medida do equivalente de oxigênio contido na matéria orgânica de uma amostra que é susceptível à oxidação por um forte oxidante químico.

O método de refluxo pelo dicromato é preferido em relação a procedimentos que utilizam outros oxidantes, devido a uma superior capacidade de oxidação, à aplicabilidade a uma maior variedade de amostras e à fácil manipulação (Golterman *et al.* 1978, Greenberg *et al.* 1992).

A camada de diatomito que continha o produto da filtração das amostras foi transferida quantitativamente para balões de boca esmerilhada de 300 ml. Em cada balão, foram colocados 0,4g de sulfato de mercúrio. O mercúrio é utilizado para diminuir as interferências causadas pela presença de sais halóides, como a presença de cloro a uma concentração de 0,2 a 2 g.l⁻¹ de Cl⁻ (Golterman *et al.* 1978, Greenberg *et al.* 1992). Adicionaram-se ainda, 20ml água destilada, 35ml solução de sulfato de prata com ácido sulfúrico concentrado, 10ml da solução de dicromato de potássio 0,0417 M e cinco pérolas de vidro. O sulfato de prata adicionado ao ácido sulfúrico é utilizado para

se obter uma oxidação mais efetiva de compostos alifáticos de cadeia linear que são de difícil oxidação, já que os orgânicos voláteis presentes no espaço de vapor não entram em contato com o líquido oxidante (Golterman *et al.* 1978, Greenberg *et al.* 1992).

Os balões foram então acoplados a condensadores de Liebig, e as amostras foram fervidas por 2 horas. Depois que a solução atingiu a temperatura ambiente foram acrescentadas 10 gotas do indicador (fenantrolina monohidratada) e em seguida foi realizada a titulação com a solução de sulfato ferroso amoniacal (SFA), com auxílio de uma bureta de vidro de 10 ml. Toda a vidraria foi lavada em solução sulfocrômica antes e após cada análise.

A DQO foi calculada segundo a expressão abaixo:

$$DQO [mg O_2.l^{-1}] = \frac{(A-B) * M * 8000}{V_f}$$

Onde: A = ml de SFA usado no branco,

B = ml de SFA usado na amostra,

M = molaridade do SFA,

V_f = volume filtrado da amostra, em ml.

O valor de COP foi estimado multiplicando-se o valor encontrado para a DQO pelo fator de conversão de Lampert (1984), descrito a seguir:

$$COP [mg C.l^{-1}] = DQO [mg O_2.l^{-1}] * 0,375$$

4.2.2 - Carbono Orgânico e Inorgânico Dissolvido (COD e CID)

A água restante da filtragem do COP foi congelada para a realização das análises do carbono orgânico dissolvido e carbono inorgânico dissolvido. As análises foram realizadas no aparelho "Total Organic Carbon Analyzer", modelo TOC-5000A da SHIMADZU. Uma alíquota da água filtrada foi introduzida no aparelho que realizava por combustão a medida do carbono total e do carbono inorgânico; a diferença dos dois fornecia os dados do carbono orgânico presente na água. Os dados estão expressos em mgC.l⁻¹. As análises foram realizadas no Laboratório de Limnologia (Deptº de Biologia Geral/ICB/UFMG, Prof. Francisco Barbosa).

4.3 - Sólidos Orgânicos (SO), Inorgânicos (SI) e Totais (ST) em Suspensão

Os sólidos referem-se a matéria em suspensão ou dissolvida na água e em águas residuais. “Sólidos fixos” (ou cinzas) é o termo aplicado ao resíduo total do material em suspensão remanescente em um filtro após aquecimento de uma amostra em temperatura definida. Ao peso perdido nesse aquecimento é atribuído o nome de “sólidos voláteis”. A determinação de sólidos fixos ou voláteis não distingue precisamente entre a matéria orgânica e inorgânica devido ao fato de que a perda pelo aquecimento não se limita à matéria orgânica (Greenberg *et al.* 1992).

Utilizou-se a metodologia descrita em APHA (Greenberg *et al.* 1992). Foram filtrados no mínimo 500 ml de água para cada amostra em réplicas. Nas filtrações, foram utilizados filtros de fibra de vidro Schleicher & Schüll (0,45 µm) com diâmetro de 4,7 cm. Os filtros foram previamente calcinados à temperatura de 500 °C por 2h, e pesados antes do uso. O branco foi feito através da filtração de 500ml de água destilada. Os filtros contendo os resíduos foram primeiramente levados à estufa na temperatura de 110 °C por 2 horas e em seguida, pesados. Posteriormente voltaram à mufla na temperatura de 550 °C por 4 horas; a seguir, mais uma vez pesados. Para a análise de sólidos utilizou-se uma balança Mettler Toledo AB54, com precisão de 0,0001 mg. O cálculo dos sólidos em suspensão foi feito segundo a fórmula abaixo:

$$\text{Sólidos totais mg.l}^{-1} = \frac{(A-B) * 1000}{V}$$

$$\text{Sólidos fixos mg.l}^{-1} = \frac{(A-C) * 1000}{V}$$

Sólidos voláteis = sólidos totais - sólidos fixos

Onde:

A = peso do papel filtro + resíduo (após secagem em estufa)

B = peso do papel de filtro antes da filtração (“tara”)

C = peso do papel filtro + resíduo (após mufla)

V = volume da amostra usado em ml.

Visando a uma melhor padronização e descrição dos resultados, adotou-se nesse trabalho a seguinte terminologia: os sólidos fixos serão chamados de “sólidos

inorgânicos em suspensão” e os sólidos voláteis serão determinados como “sólidos orgânicos em suspensão”.

4.4 - Fósforo Total, Solúvel e Particulado (P-PO₄)

O fósforo ocorre na água na forma de vários tipos de fosfatos. Essas formas são classificadas em fosfatos condensados (piro-, meta- e polifosfatos), ortofosfatos e fosfatos de ligação orgânica. Esses podem ocorrer em forma solúvel, em partículas de detritos ou nos corpos de organismos aquáticos. O fosfato total contido em uma amostra pode ser fisicamente separado em filtrável (ou solúvel) ou particulado. As análises de fósforo geralmente empregam duas fases: a) conversão das formas de fósforo a ortofosfato dissolvido e b) determinação colorimétrica do ortofosfato dissolvido. O fosfato que responde a testes colorimétricos sem uma hidrólise preliminar ou digestão oxidativa da amostra é chamado de ortofosfato. A hidrólise ácida em temperatura de ebulição converte fosfatos dissolvidos e particulados condensados em ortofosfato dissolvido e é usualmente chamado de fósforo ácido hidrolizável (Greenberg *et al.* 1992). Para uma melhor descrição e padronização dos resultados o ortofosfato será referido aqui como “fósforo dissolvido” e o fósforo ácido hidrolizável como “fósforo total”.

A separação do fosfato solúvel (FS) do particulado (FP) foi realizada através da filtragem em filtro Schleicher & Schüll (0,45 µm) de 25 mm. O fósforo total (FT) e solúvel foram determinados espectrofotometricamente, segundo Murphy & Riley (1962). Para análise de FT o seguinte procedimento foi adotado: após digestão a quente com persulfato de potássio (6%), o ortofosfato liberado reage, em meio ácido, com o molibdato de amônia e o tartarato de antimônio e potássio, formando o ácido fosfomolibdênico. Esse ácido é reduzido pelo ácido ascórbico a um composto azul, que é lido em espectrofotômetro a 882 nm. Para as análises de FS o mesmo procedimento foi adotado eliminando-se apenas o processo de digestão a quente com o persulfato de potássio. O fósforo particulado foi estimado através da diferença de FT-FS. Os resultados estão expressos em µg P-PO₄.l⁻¹.

4.5 - Série Nitrogenada

O nitrogênio total de uma amostra de água é dividido em nitrogênio particulado (a maioria orgânico) e nitrogênio solúvel. O último compreende basicamente formas inorgânicas em vários níveis de oxidação (NH_4^+ , NO_2^- e NO_3^-) e ainda o nitrogênio orgânico dissolvido (Mackereth *et al.* 1978).

4.5.1 - Amônia (NH_4^+)

Essa espécie química foi determinada espectrofotometricamente de acordo com Chaney & Marbach (1962). O método baseia-se na reação, em meio alcalino, da amônia com o fenol e o hipoclorito. O resultado é um composto azul, cuja absorvância a 635nm é proporcional à concentração de amônia. As concentrações são expressas em $\mu\text{gN-NH}_4^+ \cdot \text{l}^{-1}$.

4.5.2 - Nitrito (NO_2^-)

O nitrito foi determinado espectrofotometricamente de acordo com Mackereth *et al.* (1978). O nitrito reage, em meio ácido, com a sulfanilamida. O composto resultante liga-se a uma substância orgânica, a N-1 α -naftil-etileno-diamina, resultando em um composto rosavioláceo que é lido no espectrofotômetro a 543nm. As concentrações são expressas em $\mu\text{g N-NO}_2 \cdot \text{l}^{-1}$.

4.5.3 - Nitrato (NO_3^-)

Determinado espectrofotometricamente de acordo com Mackereth *et al.* (1978). O nitrato é reduzido a nitrito pela ação catalítica do cádmio esponjoso em "pellets" e, posteriormente, segue-se o mesmo procedimento para a dosagem do nitrito. Os resultados são expressos em $\mu\text{g N-NO}_3 \cdot \text{l}^{-1}$.

4.6 - Análises Microbiológicas

As amostras de água para os exames microbiológicos foram transportadas para o laboratório em caixa de isopor contendo gelo. O tempo entre a coleta e a semeadura em meios de cultura foi de no máximo 8 horas. Todo material utilizado nas análises microbiológicas foi previamente esterilizado utilizando-se uma autoclave.

4.6.1 - Coliformes Totais e Fecais

Para as análises do grupo coliformes foi utilizada a metodologia da Fermentação dos Tubos Múltiplos (Greenberg *et al.* 1992). Para tanto foram utilizados 3 meios de cultura: (1) Caldo Lactosado (Difco), (2) Caldo Lactosado Verde Brilhante Bile 2% (Difco) e (3) Meio E. C. (Difco). Essa técnica consiste, essencialmente, na inoculação de diferentes volumes e diluições de cada amostra de água em três séries de cinco tubos de ensaio contendo tubos de Durham invertidos e 10 ml de caldo lactosado de concentração dupla ou simples.

Foram realizadas três diluições seqüenciais adotando-se a ordem da escala na base 10. Em seguida, foi inoculado 1 ml de cada diluição decimal (10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3}), em cada série de cinco tubos de caldo lactosado duplo. Todos os tubos foram incubados a $35 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 24/48 horas. Após esse período efetuou-se a leitura, anotando-se e retirando-se os tubos de caldo lactosado positivo, ou seja, aqueles que apresentaram formação de gás no interior do tubo de Durham. Incubaram-se os tubos negativos em estufa microbiológica por mais 24 horas e, após esse período, os tubos positivos foram anotados e retirados e os negativos, desprezados.

Para a determinação dos coliformes totais foi utilizado caldo lactosado verde brilhante bile 2% e para a determinação dos coliformes fecais o meio E.C. De cada tubo de caldo lactosado positivo com 24 ou 48 horas de incubação, foi realizada a inoculação em um tubo de caldo lactosado verde brilhante bile 2%. Para isso, utilizou-se uma alça de platina, carregada três vezes em cada um dos tubos a serem testados. Os tubos de caldo lactosado verde brilhante bile 2% foram incubados a $35 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ durante 48 horas, e os que apresentaram formação de gás no interior dos tubos de Durham, após 24 ou 48 horas, foram considerados positivos. Os tubos com meio verde brilhante que apresentaram resultados positivos foram posteriormente inoculados no terceiro meio

(meio E.C.), através do mesmo procedimento descrito anteriormente. Os tubos de meio E.C. foram incubados em banho-maria a $44,5 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 24 horas e, também, só foram considerados positivos os que apresentaram formação de gás no interior dos tubos de Durham.

Quando os tubos múltiplos são utilizados na técnica de fermentação, os resultados são reportados em termos do Número Mais Provável (NMP) dos organismos presentes. Esse número, baseado em fórmulas probabilísticas, é uma estimativa da densidade média de coliformes na amostra. A densidade de coliformes, associada a outras informações obtidas através da engenharia ou pesquisas sanitárias, fornece uma das melhores avaliações da eficiência do tratamento de águas e da qualidade sanitária em águas não tratadas (Greenberg *et al.* 1992). A determinação do NMP de coliformes totais e fecais foi realizada através da tabela de cálculos do número mais provável (Greenberg *et al.* 1992). O número de coliformes está expresso em NMP por 100 ml.

4.6.2 - Bactérias Heterotróficas

Para a determinação da densidade de bactérias heterotróficas foi realizado o procedimento da técnica de contagem de bactérias heterotróficas em placa (Greenberg *et al.* 1992). Para isso utilizaram-se as mesmas diluições decimais feitas para a determinação do grupo coliformes (10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3}), e triplicatas foram inoculadas para cada diluição efetuada. O meio de cultura utilizado foi o ágar NWRI (HPCA) (peptona 3%, caseína solúvel 0,5%, K_2HPO_4 0,2%, MgSO_4 0,05%, FeCl_3 0,001% e Ágar 1,5%), que produz uma alta contagem de colônias (Greenberg *et al.* 1992). No dia da coleta, o meio de cultura foi fundido, em forno de microondas, e esfriado até uma temperatura média de aproximadamente 42°C . Foi então inoculado 0,1 ml de cada diluição decimal, através de uma pipeta automática, e espalhado com auxílio de uma alça de vidro na placa de Petri. Logo após foram derramados aproximadamente 10 ml do meio de cultura sobre a placa contendo a alíquota de água e homogeneizadas. As placas foram incubadas à temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ por sete dias em uma estufa microbiológica. Ao longo dos sete dias, as placas foram observadas diariamente e a contagem das colônias foi realizada quando se observou o crescimento bacteriano. Foram contadas todas as colônias formadas em cada triplicata de cada diluição, e por uma média simples foi estimada a densidade de bactérias heterotróficas. Para a realização das médias, foi

utilizada a diluição que obteve contagem entre 30 e 300 colônias. As diluições que apresentaram índices menores e maiores do que esse foram descartadas. A densidade é dada em unidades formadoras de colônias por ml (UFC/ml).

4.6.3 - Leveduras

Para análise da densidade de leveduras foram utilizadas dois tipos de amostras: a água bruta (sem diluição) e uma diluição de 10^{-1} . Aliquotas de 0,1 ml de cada amostra foram semeadas, em triplicata, por esgotamento, em placas contendo Meio YM (extrato de levedura 0,3%; peptona 0,5%; glicose 1%; extrato de malte 0,3%; ágar 2% e cloranfenicol 10 mg%, sendo o pH ajustado para 3,7-4,0 com HCl 1N). As amostras de água foram inoculadas e espalhadas homogeneamente com auxílio de uma alça de vidro. As placas foram então incubadas à temperatura de 25 ± 1 °C e a leitura feita do terceiro ao décimo dia de incubação. As colônias de leveduras que cresceram foram descritas, enumeradas, purificadas e repicadas para tubos contendo meio GYMP (2% Ágar, 0,2% NaH_2PO_4 , 2% Glicose, 1% Extrato Malte e 0,5% Extrato Levedura), inclinado e, após crescimento por 48 horas a 25 °C, estocadas em geladeira sob camada de óleo mineral estéril a 4 °C até o momento da identificação. As culturas estão sendo mantidas através de repiques semestrais. A identificação está sendo feita segundo metodologia padrão como descrito por Kurtzman & Fell (1998). Neste trabalho consta apenas a densidade de leveduras; as análises referentes a identificação de gêneros e espécies de leveduras ainda estão sendo realizadas e por isso não estão apresentadas. A densidade de leveduras é reportada em UFC/ml.

4.7 - Relação entre Nutrientes, Microrganismos, Pontos e Datas de Coleta

Para se verificar a relação entre as concentrações de nutrientes, densidade de microrganismos, locais e datas de coleta foi realizada análise multivariada. As análises multivariadas (i.e. agrupamento e ordenação) são utilizadas usualmente em Ecologia para definir e descrever os padrões estruturais de um ecossistema, além de permitir a formulação de hipóteses acerca de sua função. Essas permitem a análise de grandes tabelas de dados, visando descrever sua estrutura, quantificando o grau de associação

entre variáveis e objetos, definindo assim comunidades biológicas e áreas ou períodos de mesmas características ecológicas (Pla 1986, Valentin 1995).

A ordenação é um conjunto de técnicas pelas quais variáveis ou amostras são posicionados em relação a um ou mais eixos, de tal maneira que suas posições relativas aos eixos e entre eles proporcionem o máximo de informação sobre suas semelhanças ecológicas (Valentin 1995). Em suma, o princípio da ordenação consiste em simplificar, condensar e representar sinteticamente vastos conjuntos de dados, na esperança que as inter-relações ecológicas se tornem mais claras (Jolliffe 1986, Pla 1986, Valentin 1995). Dentro dos métodos de ordenação, a Análise do Componente Principal (PCA) é um dos mais difundidos, pois permite a estruturação de um conjunto de dados multivariados, cuja distribuição probabilística não precisa ser conhecida (Jolliffe 1986, Pla 1986).

Portanto, para verificar a relação entre as variáveis medidas, bem como as relações entre os pontos de coleta e variação anual foi utilizado o método de Análise de Componente Principal (PCA). Para isso utilizou-se o programa estatístico “Statistica” versão 3.0 *for windows* (Stat Soft Inc. 1993).

4.8 - Análises do Balanço Hídrico e de Massa e Tempo de Retenção

Foi realizada uma estimativa parcial do balanço hídrico e de massa de algumas variáveis medidas do reservatório. Para isso utilizaram-se as vazões dos tributários e da “Tulipa” medidos em 1985 pela SUDECAP. Não foi possível obter vazões mais recentes devido a ausência dessas medidas.

Os cálculos de aporte⁽¹⁾ e do efluente⁽¹⁾ foram feitos mês a mês multiplicando-se as vazões (tributários e “Tulipa”) pelas concentrações das variáveis de cada ponto de coleta. O aporte total⁽²⁾ anual foi estimado a partir da soma do aporte em cada mês de coleta (de janeiro/98 a dezembro/98). Para simplificar a análise dos resultados o período anual foi dividido em dois: “época de chuvas” e “época de seca”. Foram considerados períodos de chuva os meses que tiveram uma pluviosidade superior a 100 mm sendo estes os meses de outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março. E para o período de seca foram considerados os meses que tiveram pluviosidade inferior a 100 mm sendo estes os meses de abril, maio, junho, julho, agosto e setembro. Foi realizada uma média do aporte entre os seis meses de chuva⁽³⁾ e os seis meses de seca⁽⁴⁾. O balanço de massa parcial⁽⁵⁾ de algumas variáveis foi estimado através da diferença das

concentrações entre aporte e saída via “Tulipa”. Não foram incluídos nos cálculos, a entrada de nutrientes e sólidos via água subterrâneas e escoamento superficial, nem as perdas para a biota e para o sedimento devido a ausência dessas medidas.

O balanço hídrico parcial⁽⁶⁾ foi estimado através da soma das vazões dos tributários ao longo do ano e da precipitação direta no reservatório menos a vazão da “Tulipa”. A precipitação⁽⁷⁾ direta sobre o reservatório foi estimada através da multiplicação da pluviosidade pela área do reservatório. Para esses cálculos não foram considerados as entradas pelas águas subterrâneas e pelo escoamento superficial e a saída via evaporação devido a ausência desses dados.

Para os cálculos do tempo de retenção⁽¹⁰⁾ da água e de algumas variáveis foram realizados os cálculos descritos a seguir. Primeiro foi estimada a disponibilidade⁽⁸⁾ das variáveis físicas e químicas, em todo o reservatório, através da multiplicação do volume de água do reservatório pela concentração média das variáveis medidas a 1m de profundidade. Os dados foram transformados em toneladas. Para os cálculos do aporte por via dos tributários⁽⁹⁾ foi realizada a multiplicação da média anual da variável considerada pela soma da vazão anual, e os dados foram transformados em toneladas/dia. O tempo de retenção foi estimado através da divisão da concentração média das variáveis da represa pela média do aporte anual total dos tributários.

Fórmulas para os cálculos descritas no texto acima:

$$(1) \text{ Aporte Mensal e Saída Tulipa (kg/mês)} = \text{vazão (m}^3/\text{s)} * \text{concentração do nutriente (g/m}^3\text{)}$$

$$(2) \text{ Aporte Total Anual (kg/mês ou ton/ano)} = \text{somatório do aporte mensal (kg/mês)}$$

$$(3) \text{ Média Aporte Meses de Chuva (kg/mês)} = \text{Aporte (jan + fev + mar + out + nov + dez)/6}$$

$$(4) \text{ Média Aporte Meses de Seca (kg/mês)} = \text{Aporte (abr + mai + jun + jul + ago + set)/6}$$

$$(5) \text{ Balanço de Massa (kg ou ton/ano)} = \text{Somatório dos tributários (aporte) - Saída tulipa}$$

(6) Balanço Hídrico (m³/ano) = (Somatório dos tributários (aporte) + Precipitação direta na represa) - Saída de água via Tulipa

(7) Precipitação Direta na Represa (m³/ano) = Área da represa * pluviosidade

**(8) Disponibilidade de Nutrientes no Reservatório (ton) =
(Média anual das concentrações a 1m de profundidade) * (volume de água da represa)**

**(9) Aporte dos Nutrientes por via dos Tributários (ton/dia) =
(Somatório dos tributários (média das concentrações) * (Somatório das vazões dos tributários)**

(10) Tempo de Retenção (dias) = $\frac{\text{Disponibilidade de nutrientes no reservatório}^{(9)}}{\text{Aporte dos parâmetros nos tributários}^{(10)}}$

5 - RESULTADOS

Durante o período do estudo, a represa sofreu diversas intervenções humanas que influenciaram nos dados obtidos nesse trabalho. Em janeiro de 1998, os aguapés, que ficavam retidos (por um cabo de aço), próximo à foz do canal do Ressaca/Sarandi e a Ilha dos Amores, espalharam-se por todo corpo da represa, concentrando-se na desembocadura dos córregos Mergulhão e Tijuco. Esse fato ocorreu devido a fortes chuvas que levaram a um aumento do nível de água rompendo os cabos de aço. Em fevereiro de 1998 ocorreu uma drástica redução no nível de água da represa, devido ao aumento do escoamento da água da represa via sumidouro ("Tulipa"). Uma inspeção de rotina realizada pela SUDECAP/PBH (órgão responsável pelas obras na represa) verificou rachaduras na barragem que, se não reparadas, poderiam, com as próximas chuvas, acarretar sua ruptura. As obras de recuperação da barragem foram iniciadas em setembro de 1998 e, mais uma vez, o nível de água da represa sofreu uma redução de 1 a 2 metros (FIG. 10). Esse período de recuperação e conseqüente baixo nível de água, que durou até janeiro de 1999. Em outubro de 1998, a marina do IATE Tênis Clube (localizado na represa) desabou devido a diferenças de pressão com o baixo nível da água (FIG. 10). Rachaduras também foram encontradas na Igrejinha de São Francisco. No mês de maio de 1998 começou a funcionar o Hipermercado Carrefour (localizado no Bairro Ouro Preto), o qual, mesmo fazendo tratamento de seus efluentes (segundo informações do pessoal da empresa), começa a jogar esses efluentes no Córrego Mergulhão. Em julho e agosto de 1998 ocorreu uma intensa retirada de sedimentos do Córrego Mergulhão, que levaram suas águas a apresentarem uma coloração marrom durante esse período.

Os dados climatológicos foram obtidos junto à INFRAERO, agência que administra o Aeroporto da Pampulha, Belo Horizonte. As temperaturas mais altas ocorreram entre os meses de novembro/97 a abril/98 e as mais baixas entre maio/98 a agosto/98. A temperatura máxima foi de 31,3 °C e a mínima de 13,6 °C. A precipitação ficou em torno dos 1400 mm anuais, sendo a máxima registrada de 430 mm no mês de dezembro/97 e a mínima, em julho/98, quando a precipitação foi igual a zero (FIG. 11).

5.1 - Parâmetros Limnológicos Básicos

5.1.1 - Oxigênio Dissolvido (OD)

Os valores de OD variaram muito durante o período de estudo e entre os pontos de coleta (FIG. 12). O Córrego Tijuco apresentou os maiores valores de OD ($10,9 \text{ mg O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$) enquanto que o Córrego Água Funda, os menores ($4,5 \text{ mg O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$). Os córregos Ressaca/Sarandi e Água Funda apresentaram valores de OD sempre inferiores a $6 \text{ mg O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$, enquanto que nos córregos Mergulhão, Baraúna, AABB e Olhos D' Água as concentrações estiveram sempre abaixo de $7 \text{ mg O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$. Apenas o Córrego Tijuco apresentou concentrações maiores, chegando a $10 \text{ mg O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$ (FIG. 12).

A represa da Pampulha também apresentou variações nas concentrações do oxigênio dissolvido ao longo do ano. Os valores de OD foram inferiores a $6 \text{ mg O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$ na maioria das datas de coleta. Entretanto, em setembro, outubro e novembro observou-se um aumento considerável das concentrações de OD que chegaram a $9 \text{ mg O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$. Esse período coincide com a redução do nível de água da represa e ainda com aumento das concentrações de nitrato (principalmente) e nitrito na coluna-d'água da represa (FIG. 12).

Foi realizada também a plotagem de isolinhas das concentrações de OD segundo a profundidade da represa (FIG. 13). Para isso utilizaram-se as concentrações de OD medidas de dezembro/98 a dezembro/98 no Convênio PBH/SMMA/FUNDEP com o Laboratório de Ecofisiologia de Organismos Planctônicos, de biomonitoramento plurianual da represa. Podemos observar que no período de janeiro/98 a abril/98 apenas as camadas superficiais (0 a 1,5m) apresentavam concentrações de OD superiores a $6 \text{ mg O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$, enquanto que a 4 e 6m o OD era igual a zero. A partir de maio houve uma oxigenação das camadas mais profundas e, em setembro, a concentração de OD de 4 a 6 m chega a $5 \text{ mg O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$. Ao mesmo tempo, as camadas superiores apresentaram um aumento das concentrações de OD. A partir de outubro, as concentrações de OD diminuíram nas camadas inferiores chegando mais uma vez a valores próximos ou iguais a zero em dezembro/98 (FIG. 13).

5.1.2 - Condutividade Elétrica e Temperatura

Os valores da temperatura da água indicaram a existência de um padrão temporal semelhante entre os tributários. Todos os córregos tiveram altas temperaturas no início do ano, seguido de queda gradual até os valores mais baixos em junho, julho e agosto com posterior aumento no final do ano. Entre os córregos, o que apresentou as menores temperaturas foi o Olhos D' Água (26,2 °C), e as maiores foi o Ressaca/Sarandi (28 °C) (FIG. 14).

A represa da Pampulha também apresentou um padrão similar aos dos córregos em relação à temperatura da água. Ou seja temperaturas mais altas no início do ano, com diminuição nos meses de inverno (junho, julho e agosto) e posterior aumento (FIG. 14). Foi realizada também a plotagem de isotermas para as temperaturas registradas em diversas profundidades na represa, de janeiro/98 a dezembro/98 (FIG. 15). Para isso, utilizou-se o mesmo banco de dados já citados para o OD. Observou-se uma estratificação térmica nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril; onde a partir de maio essa estratificação desaparece, sendo que até dezembro/98 toda a coluna-d'água apresentou a mesma temperatura (FIG. 15).

Todos os tributários apresentaram altos valores ($>100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) de condutividade elétrica. Os valores de condutividade elétrica mais elevados foram encontrados nos Córregos Ressaca/Sarandi ($526 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) e os menores no Córrego Olhos D' Água ($70 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Os córregos Mergulhão e Água Funda apresentaram os maiores valores de condutividade elétrica em setembro/98. Os córregos Mergulhão, Ressaca/Sarandi e Água Funda apresentaram poucas variações nos valores de condutividade elétrica com tendência de aumento ao longo do ano e queda com o início das chuvas. Os córregos AABB e o Olhos D' Água apresentaram grandes variações ao longo do ano, não apresentando um padrão temporal definido (FIG. 16).

Na represa também ocorreu um aumento gradativo da condutividade elétrica até o mês de setembro/98, seguido de queda com início e aumento das chuvas (FIG. 16).

5.1.3 - pH

Os valores de pH variaram pouco ao longo do ano e entre os córregos. Todos os tributários apresentaram pH entre 6,0 e 8,0. O Córrego Mergulhão foi o que apresentou os mais elevados valores bem como a maior variação ao longo do período do estudo (6,4 a 8,5). O mesmo foi observado para o Córrego Tijuco. Os Córregos Ressaca/Sarandi foram os que apresentaram a menor variação de pH, sendo esse sempre em torno de 7,0 (FIG. 17).

A represa apresentou valores de pH que variaram de 6,9 a 8,2, estando os valores próximos ao neutro ou tendendo a alcalino (FIG. 17).

5.2 - Carbono e Demanda Química de Oxigênio

5.2.1 - Carbono Orgânico Particulado e Demanda Química de Oxigênio

A) Carbono Orgânico Particulado (COP)

As concentrações do COP variaram muito entre os pontos de coleta e ao longo do ano. O Córrego Mergulhão foi o que apresentou os maiores valores (25,0 mg C.l⁻¹), e os que apresentaram os menores valores foram o Córrego Tijuco, Baraúna e Olhos D'Água. A comparação dos teores do carbono orgânico particulado revela a existência de padrões espaço-temporais relevantes. Em termos absolutos, os córregos Ressaca/Sarandi e Mergulhão destacam-se dos outros pelos elevados valores, muitas vezes superiores a 4,0 mg C.l⁻¹. No Ressaca/Sarandi esses foram quase sempre superiores a 6,0 mg C.l⁻¹. Os outros tributários apresentaram, na maioria dos meses de coleta, concentrações inferiores a 5,0 mg C.l⁻¹ (FIG. 18).

Na represa da Pampulha, os teores do carbono orgânico particulado foram sempre superiores a 4,0 mg C.l⁻¹, excetuando-se um breve período na estação chuvosa de janeiro/98. Foi verificado uma padrão temporal muito nítido, com tendência para valores mais elevados durante a segunda metade da estação seca quando foram registradas concentrações de até 10 mg C.l⁻¹, em setembro/98 (FIG. 18).

B) Demanda Química de Oxigênio (DQO)

As concentrações de DQO variaram muito ao longo do ano e entre os pontos de coleta. Mais uma vez, os córregos Mergulhão e Ressaca/Sarandi se destacaram dos outros tributários por apresentarem concentrações superiores a $10 \text{ mg O}_2.\text{l}^{-1}$. Os tributários restantes apresentaram concentrações inferiores a $10 \text{ mg O}_2.\text{l}^{-1}$ na maioria das datas de coleta (FIG. 19).

A represa da Pampulha apresentou um padrão temporal nítido com tendência de aumento da concentração da DQO no final da época seca (setembro) e queda com o início das chuvas. Os valores de DQO foram, na maioria das vezes, superiores a $10 \text{ mg O}_2.\text{l}^{-1}$ (FIG. 19).

5.2.2 - Carbono Orgânico e Inorgânico Dissolvido (COD e CID)

Os córregos Mergulhão, Tijuco, Água Funda, Baraúna, AABB e Olhos D'Água apresentaram uma padrão temporal das concentrações de carbono inorgânico dissolvido, com tendência de aumento ao longo do ano, com concentrações mais altas no período seco. Nos córregos Tijuco, Água Funda e AABB esse aumento foi seguido de queda com o início da época de chuvas (a partir de outubro/98). Entretanto, os córregos Mergulhão, Baraúna e Olhos D'Água, apresentaram uma pequena queda das concentrações de CID em novembro/98 mas com aumento em dezembro/98. O Córrego Ressaca/Sarandi apresentou os mais altos valores de CID ($30,8 \text{ mg C}.\text{l}^{-1}$) (FIG. 20).

As concentrações de COD foram muito baixas, com valores igual a zero, na maioria das coletas (FIG. 20). O Córrego Ressaca/Sarandi foi o que apresentou os mais altos valores COD ($33,6 \text{ mg C}.\text{l}^{-1}$) sendo que esses foram quase sempre menores que o CID, exceto em maio e em setembro quando ocorreram inversões nesse quadro (FIG. 20). Os córregos Água Funda e AABB apresentaram um padrão temporal com aumento de COD em setembro (fim da época seca). Os outros córregos apresentaram valores muito baixos de COD sendo que no Tijuco esses foram sempre igual a zero. O Córrego Mergulhão apresentou baixas concentrações de COD ao longo do ano, excetuando-se apenas o período de 28/11/97, quando um valor alto foi encontrado, sendo o mesmo observado para o COP (FIG. 18 e 20).

A represa da Pampulha apresentou um padrão temporal semelhante para o COD e o CID, com aumento das concentrações na época seca (julho, agosto e setembro) e posterior queda com o início da época de chuvas. Esse padrão temporal, principalmente para o COD, foi similar ao encontrado para os córregos Água Funda e AABB (FIG. 20).

5.3 - Sólidos Orgânicos (SO), Inorgânicos (SI) e Totais (ST) em Suspensão

O fato mais importante a ser destacado em relação aos sólidos é que nos tributários, a contribuição maior foi, indiscutivelmente, devida à fração inorgânica, excetuando-se talvez breves períodos do Córrego Mergulhão (maio, junho e setembro) (FIG. 21). Nos tributários, as maiores concentrações de sólidos totais, orgânicos e inorgânicos foram registradas na época de chuvas, sendo essas verificadas em dezembro/97 e/ou janeiro/98 (FIG. 21).

Os sólidos totais variaram de 7,6 a 41,6 mg.l⁻¹ na represa da Pampulha. As maiores concentrações de sólidos foram registradas durante o período chuvoso, principalmente em dezembro/1997. Os teores de sólidos inorgânicos apresentaram um padrão temporal similar aos sólidos totais, mas a contribuição relativa dos sólidos orgânicos na represa foi maior durante o período seco (FIG. 21).

5.4 - Fósforo Total (FT), Solúvel (FS) e Particulado (FP)

Todos os tributários trouxeram uma importante contribuição em termos de fósforo total para a represa. Entretanto, como já foi visto para a condutividade elétrica, é notável o paralelismo entre os padrões temporais observados para os córregos Ressaca/Sarandi, Água Funda, Mergulhão e AABB e a represa. A diferença aqui refere-se aos valores absolutos que foram amplamente superiores para o Ressaca/Sarandi seguido do Água Funda, Mergulhão e AABB. Para se ter uma idéia, basta mencionar que todos os picos sazonais foram observados em setembro/98. Enquanto na represa as concentrações desse elemento giravam em torno de 450 µg.l⁻¹ P-PO₄, no canal Ressaca/Sarandi elas foram bem superiores atingindo seis vezes mais, em torno de 2700 µg.l⁻¹ P-PO₄. O Córrego Água Funda também apresentou altos valores que chegaram a 1200 µg.l⁻¹ P-PO₄. Outro tributário que se destacou em termos de fósforo total foi o Mergulhão, com concentrações máximas ao redor de 1000 µg.l⁻¹ P-PO₄. Todos os

demais tributários exibiram máximas anuais com menos de $250 \mu\text{g.l}^{-1}$ P- PO_4 , excetuando-se apenas o AABB (com $891 \mu\text{g.l}^{-1}$ P- PO_4) (FIG. 22).

Com exceção do Córrego Baraúna, todos os córregos apresentaram um padrão temporal de aumento das concentrações de fósforo na época seca, sendo o máximo registrado em setembro/98 (FIG. 22). O Córrego Baraúna apresentou um padrão temporal diferente dos demais. Esse córrego apresentou as menores concentrações de fósforo total que chegaram ao máximo de $107 \mu\text{g.l}^{-1}$ P- PO_4 . As concentrações de fósforo total foram maiores na época de chuvas, apresentaram uma queda na época seca e tenderam a aumentar com o início da época de chuvas. Esse tributário foi o único a apresentar concentrações de fósforo solúvel superiores ao particulado em algumas épocas do ano (em maio e junho e novamente em outubro/98) (FIG. 22).

A represa da Pampulha apresentou um padrão temporal de aumento gradativo das concentrações de fósforo ao longo do ano, com pico em setembro e queda a partir do início das chuvas, em outubro/98. Esse mesmo padrão foi verificado para os córregos Mergulhão, Tijuco, Ressaca/Sarandi, Água Funda, AABB e Olhos D' Água (FIG. 22).

5.5 - Série Nitrogenada

5.5.1 - Amônia

As concentrações de amônia foram altas em todos os tributários. Os córregos que apresentaram as maiores concentrações foram o Ressaca/Sarandi, Água Funda, Mergulhão, todos apresentando valores acima de $3500 \mu\text{g.l}^{-1}$ NH_4^+ -N (FIG. 23 e 24).

Os córregos Ressaca/Sarandi, Água Funda, Mergulhão, Baraúna, Olhos D' Água e o AABB apresentaram um padrão temporal de aumento de amônia ao longo do ano, apresentando as maiores concentrações no fim da época seca e início das chuvas (setembro e outubro/98) e queda em novembro. Apenas o córrego Ressaca/Sarandi apresentou as maiores concentrações em novembro/98 (FIG. 23 e 24).

O Córrego Tijuco, além de apresentar concentrações de amônia bem inferiores, exibiu um padrão diferente dos demais tributários com o pico da concentração de amônia registrado em junho/98 e posterior queda ao final do ano (FIG. 23).

A represa da Pampulha teve maiores concentrações de amônia registradas em junho com posterior queda no final do ano. As concentrações de amônia na represa foram muito elevadas, sendo a máxima verificada de $5877 \mu\text{g.l}^{-1} \text{NH}_4^+\text{-N}$ (FIG. 24).

5.5.2 - Nitrito

As concentrações mais elevadas de nitrito foram registradas no Córrego Olhos D' Água, onde a máxima anual foi da ordem de $200 \mu\text{g.l}^{-1} \text{NO}_2\text{-N}$ em junho/98. Os Córregos Ressaca/Sarandi também exibiram concentrações relativamente altas, entre 50 a $100 \mu\text{g.l}^{-1} \text{NO}_2\text{-N}$, durante a maior parte do ano, principalmente nos meses correspondentes ao período de seca (FIG. 23 e 24).

Os córregos Mergulhão, AABB e Olhos D' Água apresentaram um padrão temporal semelhante com aumento de nitrito ao longo do ano, não ocorrendo queda com o início do período de chuvas. Por outro lado, os córregos Ressaca/Sarandi e Água Funda apresentaram queda das concentrações de nitrito em setembro/98 com posterior aumento com o início da época de chuvas (FIG. 23 e 24).

Em relação à represa da Pampulha, as concentrações de nitrito foram baixas, ocorrendo um aumento acentuado a partir de setembro, chegando a $430 \text{NO}_2\text{-N} \mu\text{g.l}^{-1}$ em outubro/98. Essa elevação abrupta de nitritos em setembro/98 foi registrada também para o Córrego Mergulhão (FIG. 23 e 24).

5.5.3 - Nitrato

Em todos os córregos as concentrações de nitrato variaram muito ao longo do ano. Os córregos Mergulhão, Tijuco e Olhos D' Água apresentaram um padrão de aumento de nitrato a partir de setembro/98. O Córrego Tijuco teve concentrações de nitrato muito superiores aos demais córregos (chegando a um valor máximo de $1459 \mu\text{g.l}^{-1} \text{NO}_3\text{-N}$ em novembro/97). Os córregos Ressaca/Sarandi e o Água Funda obtiveram padrões diferentes aos demais com queda das concentrações de nitrato na época seca. O córrego Mergulhão apresentou um padrão temporal similar ao da represa da Pampulha com aumento acentuado de nitrato a partir de setembro (FIG. 23 e 24).

A represa da Pampulha apresentou um padrão parecido com o nitrito, onde as concentrações de nitrato foram baixas ao longo do ano, mas ocorrendo um aumento

acentuado a partir de setembro, chegando a $2.178 \mu\text{g.l}^{-1} \text{NO}_3\text{-N}$ em novembro/98 (FIG. 24). Esse aumento das concentrações de nitrato, em setembro, foi verificado nos córregos Mergulhão, Tijuco e Olhos D' Água (FIG. 23 e 24).

5.6 - Análises Microbiológicas

5.6.1 - Coliformes Totais e Fecais

Os coliformes totais e fecais foram detectados em todos os pontos de coleta em todas as épocas do ano. As densidades do grupo coliformes variaram muito ao longo do ano, em todos os córregos. Altas densidades desse grupo foram encontradas na maioria dos meses de coleta. O córrego que apresentou as mais altas contagens do grupo coliformes ao longo do ano foi o Ressaca/Sarandi (FIG. 25).

Os córregos Tijuco, Ressaca/Sarandi, Água Funda, AABB e Olhos D' Água mantiveram altas densidades de coliformes totais e fecais em quase todos os meses do ano, enquanto que nos córregos Mergulhão e Baraúna as densidades variaram muito em todo o período de coleta. Ainda, os córregos Mergulhão, Ressaca/Sarandi, Água Funda, AABB e Olhos D' Água tenderam a manter altas densidades de coliformes na época seca (FIG. 25).

A represa da Pampulha também apresentou altas densidades de coliformes totais e fecais em quase todos os meses do ano. No início do ano ocorreram variações da densidade, mas na época seca ocorreu uma estabilização em altas densidades, e não foi observada variação no final do ano (FIG. 25).

5.6.2 - Bactérias Heterotróficas

As densidades das bactérias heterotróficas foram altas para todos os córregos em quase todos os meses do ano. O Córrego Ressaca/Sarandi manteve altas densidades em todo o período de estudo, e foi o que apresentou as maiores densidades. Os córregos Mergulhão, Tijuco, Água Funda e Olhos D'água apresentaram densidades mais altas em setembro/98, o que foi verificado para outros parâmetros analisados. Entretanto, todos os córregos apresentaram uma tendência temporal de aumento da densidade de bactérias ao longo do ano. Interessante observar que, mesmo com o início das chuvas, a densidade continuou se elevando (FIG. 26).

A represa da Pampulha apresentou variações nas densidades de bactérias heterotróficas ao longo do ano. As maiores densidades foram obtidas nos meses de abril, agosto, setembro e dezembro/98. Com o início da época de chuvas (outubro e novembro) observou-se uma queda, mas em dezembro ocorreu de novo uma elevação da densidade de bactérias (FIG. 26).

5.6.3 - Leveduras

A densidade de leveduras também apresentou grandes variações ao longo do ano. O Córrego Olhos D'Água foi o que apresentou a maior densidade de leveduras, em novembro/98, chegando a 5.333 UFC.ml⁻¹. Os Córregos Ressaca/Sarandi apresentaram as maiores densidades ao longo do ano. Os córregos Mergulhão, AABB e Olhos D'Água apresentaram uma tendência de aumento da densidade ao longo do ano, ocorrendo um pico em novembro, seguido de queda em dezembro. O Córrego AABB apresentou uma tendência de aumento gradativo, enquanto que no Mergulhão e no Olhos D'Água esse fato não foi observado. Os córregos Tijuco, Ressaca/Sarandi e Água Funda apresentaram um padrão inverso de queda da densidade de leveduras ao longo do ano (FIG. 27).

Os dados de densidade de leveduras da represa da Pampulha variaram muito ao longo do ano chegando a um valor muito alto, de 30.100 UFC.ml⁻¹. A represa da Pampulha apresentou uma tendência de aumento das densidades de leveduras ao longo do ano com um pico em setembro e queda brusca em novembro (FIG. 27).

5.7 - Relação entre Nutrientes, Microrganismos, Pontos e Datas de Coleta

Para a realização do PCA, os dados foram transformados em $\text{Log}(x+1)$ para diminuir a diferença das unidades dos parâmetros analisados, e ainda para a normalização dos dados.

A análise de PCA mostrou uma forte relação entre algumas variáveis, sendo que 67,15% da variação total foi explicada pelos três primeiros eixos. O primeiro eixo (com 44,6% da variação total explicada) mostrou uma forte associação entre fósforo total, particulado e solúvel, sólidos orgânicos, condutividade elétrica, carbono orgânico particulado e dissolvido e carbono inorgânico dissolvido. As densidades de leveduras, bactérias e de coliformes, e ainda as concentrações de amônia e sólidos inorgânicos também foram correlacionados com as variáveis selecionadas pelo eixo 1, apesar dessa associação ter sido fraca. A posição das variáveis microbiológicas em relação ao eixo 1 sugere que as concentrações de nutrientes interferem nas densidades de microrganismos. Assim, o 1º eixo provavelmente reflete um gradiente de eutrofização (FIG. 28).

O segundo eixo (com 14,4% da variação total explicada) selecionou o nitrato e o nitrito como os parâmetros principais. O nitrato, nitrito e o oxigênio dissolvido demonstraram uma relação positiva entre si e inversa às variáveis selecionadas no 1º eixo. Ou seja, quando as concentrações de OD estão altas, o nitrato e o nitrito também estão em altas concentrações, enquanto que as variáveis selecionadas no 1º eixo estão em baixas concentrações (FIG. 28). Isto sugere que o 2º eixo está relacionado com o grau de oxigenação da água. O terceiro eixo (com 8,0% da variação explicada) não selecionou nenhum parâmetro e teve uma importância inferior aos outros eixos (TAB. XIV).

A ordenação dos córregos segundo os fatores selecionados nos 1º e 2º eixos está representada na Figura 29 e a ordenação dos meses do ano na Figura 30. Os córregos que apresentaram as maiores concentrações selecionadas no 1º eixo foram principalmente Ressaca/Sarandi e em menor importância o Água Funda. Essas maiores concentrações foram observadas principalmente na época seca (junho a setembro), e início das chuvas em novembro/98. Enquanto que o Córrego Baraúna foi o que apresentou as menores concentrações dos parâmetros selecionados no eixo 1, devido a sua posição na outra extremidade do eixo. É interessante observar que em relação ao

eixo 1 os córregos Mergulhão, Tijuco, Água Funda, AABB e Olhos D' Água foram ordenados em uma posição central do eixo indicando concentrações médias dos parâmetros selecionados, principalmente nos meses de junho, julho, agosto e novembro/98 (FIG. 29 e 30).

Outro fato importante a ser ressaltado sobre a análise de PCA é a proximidade do Córrego Mergulhão (A) com a represa da Pampulha (H) em relação ao eixo 1 nas mesmas datas de coleta. Isto indica que estes dois pontos de coleta apresentaram uma similaridade nas concentrações de nutrientes e nas densidades de microrganismos em várias épocas do ano (i.e. maio, junho, agosto, setembro e novembro/98) (FIG. 29 e 30).

Em relação ao 2º eixo, os córregos posicionados na região do nitrato e nitrito foram principalmente Tijuco e o Olhos D' Água e a represa da Pampulha na região do nitrato. Também estão representados o Mergulhão e o AABB, mas com menor importância. Esses córregos apresentaram as maiores concentrações desses parâmetros em abril, maio, setembro, novembro/98 e dezembro/98, enquanto que para a represa da Pampulha isso ocorreu em novembro/98. Pode-se observar ainda ordenação dos córregos Ressaca/Sarandi e Mergulhão e da represa da Pampulha na região onde estão posicionados os parâmetros sólidos inorgânicos, bactérias heterotróficas, coliformes totais e fecais, indicando que esses pontos de coleta apresentaram altas concentrações e densidades dessas variáveis, principalmente, em abril, maio, setembro e dezembro/1998 (FIG. 29 e 30).

5.8 - Análises do Balanço Hídrico, Balanço de Massa e Tempo de Retenção

Em relação ao balanço hídrico, observa-se que o reservatório acumula água no período de seca e exporta no período de chuva. No total anual, a represa recebe mais água que chega via tributários e precipitação do que a que sai pela "Tulipa", chegando a um diferencial de $0,163 \text{ m}^3/\text{s}$ (TAB. IV e FIG. 31). O Córrego Ressaca/Sarandi é responsável por cerca de 74% da entrada anual de água na represa seguido do Água Funda (18%). O tempo de retenção da água foi estimado em aproximadamente 2 meses e meio (TAB. XIII).

Em relação aos sólidos totais em suspensão ocorre a sua retenção na época seca ($13,75 \text{ g/s}$), na época de chuvas ($17,35 \text{ g/s}$) e no total anual (5.782 ton/ano) (TAB. V e FIG. 32). Os sólidos inorgânicos e orgânicos em suspensão apresentaram resultados

contrastantes. Enquanto que para os sólidos inorgânicos (TAB. VI) observa-se a retenção na época de chuva (27,78 g/s), seca (9,34 g/s) e no total anual (6.929 ton/ano), os sólidos orgânicos (TAB. VII) são retidos apenas na época seca (4,41 g/s) e são exportados na época de chuvas (10,55 g/s) e no total anual (1.146 ton/ano) (FIG. 33 e 34). Esse padrão foi o mesmo encontrado para o COP. O Córrego Ressaca/Sarandi foi, o principal responsável pelo aporte total de sólidos inorgânicos (77,6%), orgânicos (86%) e totais (80,5%) seguido pelo Água Funda com 17,9% para sólidos inorgânicos, 10,6% para os orgânicos e 15,4% para o total. O tempo de retenção foi de 31 dias para os sólidos inorgânicos, 70 dias para os orgânicos e de 44 dias para o total (TAB. XIII).

Em relação ao fósforo, ocorre a retenção tanto no período de seca quanto no período de chuva, e no total anual esse padrão também é verificado. No total a represa retém cerca de 521 ton/ano de fósforo total. O maior responsável pelo aporte anual de FT foi o Córrego Ressaca/Sarandi (com 92%). Esse fato foi observado tanto nos meses de chuva quanto nos meses de seca. O Água Funda foi o segundo córrego em termos percentuais no aporte de fósforo na represa (6,9%) (TAB. VIII e FIG. 35). O tempo de retenção calculado para o fósforo total foi de aproximadamente de 16 dias (TAB. XIII).

Foi realizada a soma das concentrações de nitrato, nitrito e amônia para se estimar a concentração de nitrogênio inorgânico dissolvido. Em relação ao nitrogênio inorgânico obtém-se um padrão de retenção em todos os períodos do ano, chegando a um total anual de 3.041 ton/ano. O Córrego Ressaca/Sarandi continua sendo o maior responsável pelo aporte de nitrogênio inorgânico dissolvido na represa (88,3%). O segundo córrego em importância continua sendo o Água Funda (10%) (TAB. IX e FIG. 36). O tempo de retenção estimado para o nitrogênio inorgânico foi de 1 mês (TAB. XIII).

O carbono orgânico particulado mostrou um padrão diferente para época de chuva e seca. Enquanto esse é acumulado na ordem de 1,95 g/s na época de seca, na época de chuva ocorre sua saída da represa na ordem de 5,28 g/s. No total anual a represa exporta cerca de 621 ton/ano de COP. Mais uma vez, o Córrego Ressaca/Sarandi foi o principal responsável pelo aporte de COP na represa, seguido do Água Funda. Em termos percentuais o Córrego Ressaca/Sarandi foi responsável por 87,7% do aporte anual e o Água Funda por 9,03% (TAB. X e FIG. 37). O tempo de retenção estimado foi de cerca de 65 dias (TAB. XIII).

Em relação ao carbono orgânico dissolvido a represa retém cerca de 7.535 ton/ano no total anual. Esse padrão de retenção é verificado para a época de seca e de chuva. O Córrego Ressaca/Sarandi foi responsável por cerca de 99% do aporte anual de COD na represa (TAB. XI). O tempo de retenção do COD foi de cerca de 25 dias (TAB. XIII).

O carbono inorgânico dissolvido apresentou o mesmo padrão verificado para o COP, ou seja, retenção na época seca (2,31 g/s) e exportação na época de chuvas (6,85 g/s) e no total anual (864 ton/ano). O Córrego Ressaca/Sarandi foi responsável por 83,6% do aporte anual de CID na represa seguido do Água Funda (11,8%) (TAB. XII). O tempo de retenção estimado para o CID foi de 69 dias ou 2,5 meses (TAB. XIII).

É interessante observar que a principal diferença entre o aporte dos nutrientes por via dos tributários nas épocas de seca e de chuva, é o aumento significativo da contribuição do Córrego Água Funda na época de chuvas.

6 - DISCUSSÃO

A represa da Pampulha tem sido foco de estudo de várias dissertações de mestrado, sendo os principais temas já abordados: dinâmica populacional de moluscos (Bedê 1992), produção e consumo do carbono orgânico (Araújo 1995), produção de macrófitas (Greco 1996), dinâmica populacional de cianobactérias (Goodwin 1997), e ainda comparação da migração vertical do zooplâncton com outros tipos de reservatórios (Costa 1998). Outros trabalhos, também foram realizados no reservatório da Pampulha, e todos, tem verificado o alto grau de eutrofização da lagoa (Pinto-Coelho 1992, Pinto-Coelho *et al.* 1997, Pinto-Coelho & Greco 1997, von Sperling 1997, Araújo & Pinto-Coelho 1998, Barbosa *et al.* 1998, Goodwin & Giani 1998, Pinto-Coelho 1998, Tôrres *et al.* 1998). Entretanto esse é o primeiro trabalho que amostrou mensalmente, em um ciclo anual, o aporte de nutrientes na represa, e ainda o primeiro a realizar uma caracterização microbiológica das águas da represa e de seus tributários.

A variação das concentrações de OD verificada ao longo do ano em todos os pontos de coleta pode estar relacionada com a variação na quantidade de matéria orgânica e de nutrientes presentes em todos os pontos de coleta. Os baixos valores de OD na maioria dos tributários podem estar relacionados às altas concentrações de matéria orgânica e à decomposição aeróbica do material orgânico. No Córrego Água Funda, por exemplo, no qual se verificaram os valores mais baixos de OD, era comum a presença de carcaças de animais domésticos (cães) em decomposição (FIG. 10). Como já foi visto nos resultados, as camadas mais profundas da represa da Pampulha apresentaram concentrações iguais a zero de OD no início do ano. A partir de maio, devido a tendência de desestratificação térmica da coluna-d'água, os valores de OD no fundo começam a aumentar atingindo um valor máximo de 5 mg.l⁻¹ em setembro/outubro. Esse aumento do OD irá interferir nas concentrações e dinâmicas de nutrientes que será abordado mais tarde. Segundo Nixon (1988), o desenvolvimento ou destruição da estratificação, em ambientes aquáticos, acarreta mudanças na composição e abundância das espécies, na cadeia trófica, nas taxas metabólicas e ciclagem de nutrientes. O maior impacto da estratificação é na temperatura do fundo e na concentração do oxigênio dissolvido. A “queda” nas concentrações do oxigênio dissolvido irá ter efeitos marcantes na sobrevivência, crescimento e reprodução dos organismos e nos ciclos biogeoquímicos.

Os tributários da represa apresentaram valores elevados de condutividade elétrica e, como já foi demonstrado em outros trabalhos (Pinto-Coelho 1998), esses valores da represa vêm aumentando consideravelmente ao longo dos últimos anos. Outros estudos de córregos e lagos brasileiros reportam valores mais baixos de condutividade elétrica do que os encontrados nesse estudo. Agostinho *et al.* (1995), no estudo da Bacia do Rio Paraná (Brasil), encontraram valores de condutividade elétrica variando de 48 a 72 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; no reservatório de Jupia (São Paulo) esses autores encontraram valores de condutividade elétrica na ordem de 25-103 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Barbosa *et al.* (1998), em estudo de balanço de massa na represa da Pampulha, reportam valores de condutividade elétrica próximos aos encontrados nesse estudo para os tributários da represa.

Os córregos Ressaca/Sarandi e Água Funda foram os que apresentaram os maiores valores de condutividade elétrica. Um fato interessante a ser ressaltado, em relação à condutividade elétrica, é que podemos observar um paralelismo existente, nas curvas obtidas para os córregos Ressaca/Sarandi, Água Funda e a represa. A semelhança desses padrões, bem como os valores absolutos, sugerem uma importância considerável desses dois tributários na determinação das condições físico-químicas gerais da represa.

Os valores do carbono orgânico particulado, na represa, apresentaram variações sazonais caracterizadas basicamente por um aumento de suas concentrações na época seca e uma diminuição na estação de chuvas. Mas, mesmo ocorrendo variações nas concentrações do COP durante o ciclo anual, esses podem ser considerados altos, típicos de ambientes hipereutróficos. Segundo Bloesch & Uehlinger (1990), o carbono orgânico particulado (incluindo bactérias, algas, zooplâncton e detritos) geralmente apresenta uma considerável variação temporal, já que reflete muitos processos biológicos envolvidos no ciclo do carbono orgânico. A “perda básica” do COP ocorre pela reciclagem do carbono (incluindo “grazing”, excreção, respiração e mineralização) e pela sedimentação (Bloesch & Uehlinger 1990).

Em estudo recente sobre a variação temporal do carbono orgânico pigmentado (algas) e não pigmentado na represa da Pampulha, Tôrres *et al.* (1998) encontraram valores de COP que chegaram a 4,0 $\text{mgC}\cdot\text{l}^{-1}$, sendo esses inferiores às concentrações de COP encontradas nesse trabalho. No estudo de Tôrres *et al.* (1998), os autores relataram uma tendência de aumento das concentrações de COP na época seca (junho a agosto), sendo essa mesma tendência observada nesse estudo. Esses também verificaram um

aumento das concentrações de COP entre os anos de 1994/95, sendo esse também confirmado, uma vez que valores superiores de COP foram encontrados nesse estudo (1997/98). O aumento das concentrações de COP na coluna-d'água da represa da Pampulha está provavelmente relacionado com o grande aporte de COP por via dos tributários na represa.

As concentrações de COP na represa da Pampulha foram superiores às relatadas por outros autores. Hessen (1992) registrou valores de COP para o Lago Kjesasputten (Noruega) na ordem de $0,4 \text{ mgCl}^{-1}$. Vadeboncoeur (1994) encontrou valores de COP na ordem de $0,6 \text{ mgC.l}^{-1}$ para um lago mesotrófico, o Lago Placid, localizado no Estado de Montana nos Estados Unidos. Wen (1992) encontrou para o Lago Chenhu (China) concentrações de COP de $0,3$ a $2,1 \text{ mgC.l}^{-1}$. Em estudo de 13 lagos das montanhas de Larsemann no continente Antártico, Ellis-Evans *et al.* (1998) reportaram valores de COP variando de $0,5$ a $2,2 \text{ mgC.l}^{-1}$. Para lagos eutróficos, de regiões temperadas, Sondergaard *et al.* (1995) encontraram concentrações máximas de COP de aproximadamente $7,0 \text{ mg C.l}^{-1}$, sendo essas próximas às encontradas na represa da Pampulha.

As concentrações de COP nos tributários também apresentaram variações ao longo do ano e os valores de COP encontrados são, em alguns casos, superiores aos relatados em outros estudos. Alberts *et al.* (1990) encontraram valores de COP para vários rios do sudeste do Estados Unidos que variaram entre $0,3$ a $2,2 \text{ mgC.l}^{-1}$, valores similares encontrados por Wen (1992), no estudo do Rio Changjiang (China) que se situaram entre $0,3$ e $2,0 \text{ mgC.l}^{-1}$. No Rio Kiiminkijoski (Finlândia), Heikkinen & Visuri (1990) encontraram valores de COP na ordem de $5,3 \text{ mgC.l}^{-1}$. Esses valores mais baixos assemelham-se aos encontrados para os córregos Tijuco, Água Funda, Baraúna e Olhos D' Água. Enquanto que Grubaugh & Anderson (1989), em estudo realizado na parte superior do Rio Mississippi (EUA), encontraram uma média de $6,5 \text{ mgC.l}^{-1}$, sendo esses valores próximos a média encontrada para os córregos Mergulhão, Ressaca/Sarandi e o AABB.

Os valores de COP na Represa da Pampulha estão relacionados ao aporte de sedimentos e nutrientes inorgânicos, bem como a matéria orgânica particulada provenientes da descarga de esgotos domésticos sem tratamento, nos córregos que desaguam na represa. Esta grande concentração de matéria orgânica, refletida no COP, e de nutrientes essenciais favorece a proliferação maciça de microrganismos

heterotróficos e também de algas fitoplanctônicas, que, não raro, causam uma série de problemas tais como a depleção do oxigênio no epilímnio, emissão de odores fétidos e mortalidade de peixes.

Segundo Robarts & Ashton (1988), a importância relativa dos aportes autóctone e alóctone de carbono orgânico para lagos irá depender de fatores como o uso da área e das atividades desenvolvidas na bacia do lago, bem como seu tamanho e seu grau de trofia. O "input" de COP e COD em rios e lagos depende também da erosão e proximidade com regiões de alta produção orgânica (Wetzel 1984, Robarts & Ashton 1988). Assim é importante considerar toda a bacia hidrográfica como unidade de estudo e não apenas o corpo dos reservatórios e lagos, para uma melhor compreensão da dinâmica de nutrientes nos corpos-d'água. As concentrações de COD e COP em rios são altamente variáveis, mas suas quantidades anuais representam apenas de 1 a 2% da produtividade primária líquida de ecossistemas terrestres adjacentes. Concentrações instantâneas de COD lábil são muito baixas e sua disponibilidade pode ser limitada por microrganismos heterotróficos (Wetzel 1984). Ainda, segundo Wetzel (1995), a quantidade de aporte de COP da área da bacia de drenagem é relativamente pequena, e a maioria do carbono orgânico é transportado e importado como COD.

O COD usualmente está em maior quantidade do que o COP em ecossistemas aquáticos (Sondegaard 1984). Entretanto, graças a atividade bacteriana, o COD pode ser parcialmente convertido a COP e se tornar disponível para níveis tróficos superiores (Sondegaard 1984, Azam 1998). No estudo da produção secundária em ecossistemas aquáticos da Amazônia, Thomaz *et al.* (1998) encontraram uma concentração média de COD na ordem de 5,8 mg.l⁻¹ no Lago Batata e de 5,5 mg.l⁻¹ para o Lago Mussurá. No estudo de quatro lagoas costeiras (RJ), Farjalla (1998) encontrou concentrações de COD na ordem de 13,1 mg.l⁻¹ para a Lagoa Carapebus, 19,0 mg.l⁻¹ para a Lagoa Comprida, 8,4 mg.l⁻¹ para a Lagoa Cabiúnas e 16,2 mg.l⁻¹ para a Lagoa Iodada, enquanto que Tôrres *et al.* (1998) relataram concentrações de COD em torno de 8,9 mgC.l⁻¹. Os valores de COD na represa da Pampulha chegaram a 17,0 mgC.l⁻¹, valores superiores aos encontrados por Tôrres *et al.* (1998). Entretanto, o método utilizado para mensurar o COD por Tôrres *et al.* (1998) foi o método da DQO. Esse aumento das concentrações de COD verificada nesse estudo, em relação às encontradas por Tôrres *et al.* (1998), pode ser devido ao maior aporte de matéria orgânica ou pode ser devido ao método de

quantificação utilizado por esses autores, o qual poderia estar subestimando as concentrações de COD do reservatório.

No estudo da dinâmica do carbono orgânico em lagos, foram verificados os seguintes valores: COD variando de 1,2 a 11,2 mgC.l⁻¹ em lagos dinamarqueses, (Sondegard 1984); de 0,5 a 2,6 mgC.l⁻¹ em 13 lagos das montanhas de Larsemann no continente Antártico (Ellis-Evans *et al.* 1998); concentrações de COD na ordem de 7,5 mgC.l⁻¹ no Lago Kjesasputten (Noruega) (Hessen 1992); e ainda uma variação de COD de 4,8 mgC.l⁻¹ a 17,0 mgC.l⁻¹ na represa Hartbeespoort (Johanesburgo, África do Sul) (Robarts & Ashton 1988). Ainda, Sondegard *et al.* (1995) encontraram concentrações de COD na ordem de 14,0 mgC.l⁻¹ em um pequeno lago eutrófico (Frederiksborg Slotsso) na Dinamarca.

A afirmação de que o nível de produção primária determina a concentração de COD e de heterotrófos não é válida para lagos com produção litorânea substancial e grande "input" de matéria alóctone. Nesses lagos, o DOC é principalmente de origem alóctone e uma parte constante da produção torna-se refratária (Sondegard 1984). Azam (1998) afirma que a tradicional dicotomia de COP "versus" COD tem sido substituída pelo raciocínio do fluxo contínuo de carbono. Segundo Azam *et al.* (1992) e Rosso & Azam (1987), as bactérias heterotróficas não utilizam apenas o COD, mas também outras formas de carbono, mesmo organismos vivos, resultando na liberação de COD através de enzimas extracelulares, sendo esse um processo que ocorre em larga escala na zona mesopelágica dos oceanos.

Pelo menos quatro tipos de processos diferentes fornecem COD para o crescimento e para a produção bacteriana: 1) liberação por células fitoplânctônicas vivas; 2) lise ou degradação de organismos planctônicos mortos; 3) excreção e decomposição advinda do zooplâncton, peixes e demais consumidores; e 4) material orgânico dissolvido de fontes terrestres e litorais. A quantidade e qualidade do carbono oriundo dessas fontes está sob forte interferência de variações sazonais e espaciais, dependendo de condição trófica e da estrutura da cadeia alimentar (Hessen 1992). Segundo Sondegard *et al.* (1995), o COD lábil em rios e lagos, constitui na menor porção do DOC total como consequência de um "input" terrestre maior.

Como já foi dito, grande parte do "input" de COD em lagos deriva de fontes terrestres (Wetzel 1984). Em relação ao COD alguns tributários apresentaram concentrações semelhantes a outros estudos. Estudos das concentrações de COD em

rios apresentaram os seguintes valores: concentração média na ordem de $4,2 \text{ mgC.l}^{-1}$ no Rio Trombetas (Amazônia) (Thomaz *et al.* 1998); concentrações variando de $2,3\text{-}5,7 \text{ mgC.l}^{-1}$ no rio Taieri na Nova Zelândia (Young & Huryn 1997); concentração média de $12,5 \text{ mgC.l}^{-1}$ na parte superior do Rio Mississipi (EUA) (Grubaugh & Anderson 1989); uma variação de $3,2 \text{ mgC.l}^{-1}$ a $14,0 \text{ mgC.l}^{-1}$ no Rio Crocodile (Johanesburgo, África do Sul) (Robarts & Ashton 1988); e ainda de $2,1$ a $46,4 \text{ mgC.l}^{-1}$ em rios do sudoeste dos Estados Unidos (Alberts *et al.* 1990). Segundo Ertel *et al.* (1986), a concentração mundial de COD em rios está em torno de $5,7 \text{ mgC.l}^{-1}$, enquanto que Thurman (1985 “apud” Robarts & Ashton 1988) afirma que rios pequenos (descarga $< 100\text{m}^3.\text{s}^{-1}$) possuem uma concentração de DOC a qual varia entre $1,0$ a $4,0 \text{ mgC.l}^{-1}$.

Segundo Young & Huryn (1997), a superfície do material orgânico disponível para atividade bacteriana será reduzida à medida que a porção inorgânica aumenta, e o aumento de séston inorgânico em um rio tem efeitos na qualidade nutricional do material transportado. A concentração de COD tende a decrescer rio abaixo, resultante de uma retirada biótica e abiótica dentro do canal do rio ou devido a diluições (Young & Huryn 1997). Todos os tributários da represa da Pampulha apresentaram concentrações de CID superiores ao COD e ao COP.

Em relação à lagos, Hessen (1992) reportou valores de CID para o Lago Kjesasputten (Noruega) na ordem de $0,57 \text{ mgC.l}^{-1}$, enquanto que no estudo na represa da Pampulha foram encontrados valores entre $10,0$ a $16,0 \text{ mgC.l}^{-1}$. Robarts & Ashton (1988) encontraram que na represa Hartbeespoort (Johanesburgo, África do Sul) as concentrações de CID eram três a quatro vezes maiores que o COD. Na represa da Pampulha, também encontramos concentrações superiores de CID em relação ao COD, e na época seca ocorreu uma redução da diferença entre essas duas formas de carbono.

Em relação aos sólidos em suspensão, foi constatado, neste estudo, que os tributários da Pampulha apresentam concentrações maiores de sólidos inorgânicos do que orgânicos. Como já foi colocado, o conteúdo inorgânico do material transportado em rios tende a aumentar enquanto ocorre uma redução do conteúdo orgânico (Young & Huryn 1997). Assim, um fato interessante a ser pesquisado é como variam as concentrações de sólidos orgânicos e inorgânicos ao longo dos tributários, ou seja, se as concentrações de sólidos orgânicos são maiores no sentido da nascente do córrego.

As concentrações de fósforo (tanto total como solúvel), na maioria dos tributários e na represa da Pampulha, foram elevadas ao longo do ano. Tais valores são

superiores se comparados aos da literatura. Ellis-Evans *et al.* (1998) encontraram concentrações muito baixas de fósforo solúvel variando de 0,1 a 2,5 $\mu\text{g.l}^{-1}$ nos lagos no continente Antártico; Gibson *et al.* (1996), em estudo do fluxo do fósforo total em 16 lagos do Nordeste da Irlanda e da borda escocesa, registraram valores de fósforo total variando de 17,0 $\mu\text{g.l}^{-1}$ a 192,0 $\mu\text{g.l}^{-1}$; no Lago Chaohu, eutrófico, (China) Yin *et al.* (1993) relatam valores de fósforo total na ordem de 90,0 a 1500,0 $\mu\text{g.l}^{-1}$.

Em relação aos ambientes tropicais, Lopes-Ferreira & Pasin (1998) encontraram concentrações de fósforo total na lagoa costeira Imboacica (Rio de Janeiro) na ordem de 29,91 $\mu\text{g.l}^{-1}$, enquanto que Faria *et al.* (1998) encontraram valores mais altos de fósforo total (90,7 $\mu\text{g.l}^{-1}$) para a mesma lagoa, e relataram uma concentração de fósforo solúvel na ordem de 19 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Agostinho *et al.* (1995) encontraram concentrações de fósforo total na ordem de 22,3 $\mu\text{g.l}^{-1}$ para o reservatório de Jupia (SP) e para o reservatório de Itaipu concentrações na ordem de 42,0 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Barbieri & Pérez (1997) encontraram valores baixos das concentrações de fósforo total para o Lago Batata (Amazônia) na ordem de 23,2 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Valores também baixos das concentrações de fósforo total também foram encontrados por Dias & Barroso (1997) na Lagoa Feia (média de 20,0 $\mu\text{g.l}^{-1}$), na Lagoa Carais (média de 27,4 $\mu\text{g.l}^{-1}$) e na Lagoa Guanandy (média de 26,2 $\mu\text{g.l}^{-1}$) no Estado do Espírito Santo (Brasil). No Lago Paranoá, (Brasília), Altafin *et al.* (1995) observaram valores de fósforo total variando de 30,0 a 82,0 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Carvalho *et al.* (1997) relataram valores elevados de fósforo total para o reservatório Billings (São Paulo) na ordem de 4,5 mg.l^{-1} . A represa da Pampulha apresentou concentrações de fósforo superiores às descritas na maioria dos lagos citados, excetuando-se apenas o reservatório Billings.

As concentrações de fósforo encontradas nos tributários da represa da Pampulha foram superiores às descritas para rios de ambientes tropicais. Agostinho *et al.* (1995) reportaram concentrações de fósforo total variando de 6,0 a 74,0 $\mu\text{g.l}^{-1}$ no Rio Paraná; Camargo *et al.* (1995), no estudo de várias localidades do Ribeirão Claro (São Paulo), observaram uma concentração média de fósforo total de 148 $\mu\text{g.l}^{-1}$; Camargo *et al.* (1997) encontraram concentrações médias de fósforo total na ordem de 26,6 $\mu\text{g.l}^{-1}$ no Rio Mambú e de 98,1 $\mu\text{g.l}^{-1}$ no Rio Guaú pertencentes à Bacia do Rio Itanhaém (SP); Souza & Rocha (1998) encontraram no Rio Areias (Goiás) uma concentração de fósforo total de 198 $\mu\text{g.l}^{-1}$; e Dias (1997) relata, para o Rio Sabara (Paraná), uma concentração

de fósforo total de $3000,0 \mu\text{g.l}^{-1}$, sendo esses valores próximos aos encontrados para os córregos Ressaca/Sarandi.

Prarie & Kalff (1986) em estudo de 5 tributários do Lago Memphremagog (na região de Quebec, Canadá), que não recebem fonte externa de fósforo, encontraram concentrações de fósforo solúvel variando de $2,8$ a $20,5 \mu\text{g.l}^{-1}$. Enquanto que Silva & Davies (1997) no estudo do Rio Oldman (Canadá), que sofre efeitos de águas residuais de irrigação, encontraram concentrações de fósforo solúvel de $570,0$ a $613,0 \mu\text{g.l}^{-1}$, valores próximos aos encontrados na maioria dos tributários da represa da Pampulha. Como já foi visto para a condutividade elétrica, é notável a semelhança observada entre os padrões temporais observados para os córregos Ressaca/Sarandi, Água Funda, Mergulhão e AABB e a represa. Esse fato indica a importância desses córregos para a qualidade de água da represa. O aumento das concentrações de fósforo na coluna-d'água da represa da Pampulha tem sido observado ao longo dos anos. A Tabela II demonstra claramente esse aumento nos anos de 1993/98, enquanto que o valor máximo de fósforo total em 1993 era de $76 \mu\text{g.l}^{-1}$, em 1998 esse chegou a uma concentração de $502 \mu\text{g.l}^{-1}$.

As concentrações de fósforo nos corpos-d'água são resultantes de dois processos básicos: a entrada e posterior transformação, no próprio corpo-d'água (Straskraba *et al.* 1995). Os mecanismos envolvendo as dinâmicas do fósforo em ambientes lóticos incluem interações com a biota (macrófitas, algas, bactérias, zooplâncton etc), o sedimento dos rios, hidrologia da área da bacia e a geoquímica do solo. Os rios ricos em nutrientes são temporalmente mais variáveis do que os pobres em nutrientes (Silva & Davies 1997). Em relação aos tributários da Pampulha, essa tendência pode ser comprovada, já que as variações temporais foram mais acentuadas nos tributários que apresentaram concentrações mais altas de nutrientes do que nos que apresentaram as mais baixas.

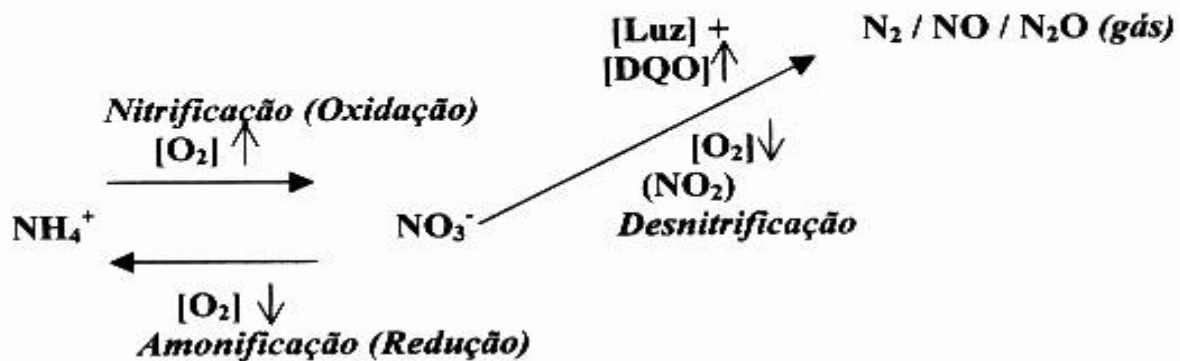
Segundo Gibson *et al.* (1996) está implícito nos modelos do fluxo de fósforo que o fósforo solúvel é incorporado à biomassa, e o desenvolvimento máximo da biomassa irá implicar em uma menor disponibilidade de fósforo solúvel. A importância de processos internos de troca de nutrientes na interface sedimento-água aumenta com a área e diminui com a profundidade. Em lagos e reservatórios rasos, a ressuspensão e sedimentação causada pela mistura induzida pelo vento pode acelerar a liberação de fosfato (Noges *et al.* 1998). As concentrações de nutrientes dissolvidos em um lago não

são idênticas às concentrações de entrada, devido aos processos biológicos de retirada e liberação por microrganismos (Straskraba *et al.* 1995).

Segundo Caraco (1993), o fósforo é um elemento biológica e quimicamente ativo. Quimicamente o fósforo interage com os ciclos do ferro, do alumínio, e do cálcio. Biologicamente, o fósforo é retirado do ambiente não apenas pelos fotoautotróficos mas também por bactérias quimiotróficas e heterotróficas, e ainda fungos. Em lagos, o ciclo do fósforo está intimamente ligado à ciclagem do ferro e do oxigênio. O nitrato pode também afetar a ciclagem de fósforo através de sua influência no ciclo do ferro. O nitrato pode aumentar ou inibir a liberação de fósforo do sedimento para a coluna-d'água, através de sua interação com o ferro e, ainda, pela utilização do ferro pelas bactérias desnitrificantes. O efeito da concentração de nitrato na liberação de fósforo pelo sedimento deve ser dependente da sazonalidade, já que as concentrações de nitrato, usualmente, possuem uma variação sazonal. O pH também interfere no ciclo do fósforo aumentando a ligação do fósforo pelo sedimento e diminuindo o suprimento de fósforo para a coluna-d'água, causando uma redução da produtividade do sistema (Caraco 1993). O aumento da concentração de fósforo total na coluna-d'água da represa da Pampulha, coincidiu com o aumento acentuado de nitrato. Apesar de outros fatores interferirem no aumento das concentrações de fósforo, esse grande aumento da disponibilidade de nitrato pode estar ocasionando a liberação de fósforo do sedimento para a coluna-d'água da represa.

O aporte das formas de nitrogênio inorgânico variou muito entre os tributários e ao longo do ano. Entretanto, na maioria das amostras, essas concentrações foram altas. Silva & Davies (1997) (Rio Oldman, Canadá) encontraram concentrações de nitrito que variaram de 4,0 a 12,0 $\mu\text{g.l}^{-1}$ e de nitrato, de 33,0 a 65,0 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Em estudo de dois rios da Noruega (Vastadbekken e Skuibekken), Faafeng & Roseth (1993) encontraram concentrações máximas de nitrato na ordem de 3500,0 $\mu\text{g.l}^{-1}$ e de 2300,0 $\mu\text{g.l}^{-1}$ e de amônia, de 200,0 $\mu\text{g.l}^{-1}$ e de 100,0 $\mu\text{g.l}^{-1}$, respectivamente. Em ambientes tropicais, Camargo *et al.* (1997) encontraram uma concentração amônia na ordem de 6,2 $\mu\text{g.l}^{-1}$ para o Rio Mambú e de 119,8 $\mu\text{g.l}^{-1}$ para o Rio Guaú, no Estado de São Paulo, ao passo que Souza & Rocha (1998), no estudo do Rio Areias (Goiás), reportaram concentrações de amônia de 583,0 $\mu\text{g.l}^{-1}$, de nitrito de 10,0 $\mu\text{g.l}^{-1}$ e de nitrato na ordem de 623,0 $\mu\text{g.l}^{-1}$.

O ciclo biogeoquímico do nitrogênio pode ser representado pela forma simplificada do esquema abaixo (Ricklefs 1979):



O nitrato pode ser reduzido a nitrito e esse pode ser ainda reduzido a gás nitrogênio num processo conhecido por desnitrificação (Payne 1973). Segundo Seitzinger (1988), a desnitrificação é um processo conduzido por vários microrganismos heterotróficos, geralmente feito por bactérias anaeróbias facultativas. Essas bactérias utilizam o nitrito ou nitrato como acceptor terminal de elétrons durante a oxidação da matéria orgânica produzindo gases tais como N_2 , NO ou N_2O . O processo pode ser descrito pela seguinte equação: $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$ (Payne 1973). O processo da desnitrificação é mediado por bactérias heterotróficas que necessitam de uma fonte de carbono como doador de elétrons (Bernet *et al.* 1996). Quando uma fonte de águas residuais contendo nitrato não possui qualquer fonte de carbono, é necessário adicionar uma fonte externa ao efluente para que ocorra a desnitrificação (Bernet *et al.* 1996). De acordo com a estequiometria, para a desnitrificação de 1g de N como NO_3^- (N-NO_3^-), são necessários 2,85 g de DQO, isso representa cerca de 100g de DQO para 1 litro de água de um efluente com $150 \text{ g NO}_3^- \cdot \text{l}^{-1}$ (Payne 1973). A natureza da fonte de carbono determina a rota de redução do nitrato (Bernet *et al.* 1996).

A desnitrificação tem sido reconhecida como um caminho potencial para a remoção de nitrogênio de rios em vários estudos (Hill & Sanmugadas 1985, Billen *et al.* 1985, Fleischer & Hamrim 1988, Seitzinger 1988, Christensen & Sorensen 1988, Christensen *et al.* 1989). Como revisado por Seitzinger (1988), três condições devem ser atingidas para permitir a ocorrência da desnitrificação: 1) a disponibilidade do nitrogênio como nitrato; 2) condições anaeróbicas ou perto da anaerobiose; e 3) a presença de matéria orgânica prontamente degradável. Billen (1988 "apud" Faafeng & Roseth 1993) ressalta a importância de um alto conteúdo orgânico em sedimentos de rios para suportar uma alta taxa de desnitrificação. Hill & Sanmugadas (1985)

encontraram uma taxa de perda de nitrato proporcional a concentração de carbono orgânico dissolvido em sedimentos de três córregos que drenam áreas de agricultura. Christensen & Sorensen (1986) também demonstraram a importância das raízes de macrófitas para a desnitrificação em sedimentos de lagos devido a sua habilidade em transportar verticalmente oxigênio e substratos orgânicos.

Faafeng e Roseth (1993) afirmam que o transporte de nitrogênio em esgotos ocorre principalmente nas formas de amônia ou nitrogênio orgânico. A desnitrificação deve ser então precedida pela oxidação a nitrato (nitrificação). Altas taxas de desnitrificação têm sido encontradas em rios que recebem contribuições substanciais de nutrientes antropogênicos de ambientes terrestres e/ou de esgotos. Condições de baixas concentrações de oxigênio são comuns em rios que recebem uma alta carga de esgotos resultando em alta DBO (demanda bioquímica de oxigênio). Esses mesmos rios usualmente recebem altas concentrações de nitrogênio. A desnitrificação usualmente é reduzida em córregos sob condições aeróbias (Seitzinger 1988). Ainda segundo o trabalho de Faafeng e Roseth (1993), baixas taxas de remoção ocorrem na ausência de luz e em rios cobertos, e existe uma alta capacidade em remover nitrato em rios com altas concentrações do carbono orgânico total.

No Córrego Tijuco, que apresentou as mais altas concentrações de nitrato e de oxigênio dissolvido, as concentrações de COD foram sempre iguais a zero e ainda as concentrações de DQO foram baixas ao longo do ano (máximo de $8,4 \text{ mg.l}^{-1}$). Esse tributário é totalmente canalizado e encoberto, não sofrendo efeito da radiação solar. A ausência de COD, as baixas concentrações de DQO, as altas concentrações de OD (desfavorecendo a anaerobiose), aliadas as características físicas desse tributário provavelmente estão interferindo nos processos químicos e biológicos de remoção do nitrato, resultando no aporte de grandes quantidades de nitrato para a represa da Pampulha. Esse padrão se contrapõe ao verificado nos outros tributários, tais como Mergulhão, Ressaca/Sarandi, Água Funda, onde as concentrações de amônia foram mais elevadas do que o nitrato, sendo essas concentrações baixas. Tais tributários apresentam características que favorecem a amonificação (baixas concentrações de OD).

As concentrações das diferentes formas de nitrogênio inorgânico na represa da Pampulha são superiores às usualmente encontradas em ambientes análogos, situados na região tropical. Nos ecossistemas tropicais, Bini *et al.* (1997) encontraram no

Reservatório de Broa (SP) concentrações baixas das formas de nitrogênio inorgânico: amônia $10,3 \mu\text{g.l}^{-1}$, nitrito $0,7 \mu\text{g.l}^{-1}$ e de nitrato de $5,08 \mu\text{g.l}^{-1}$. Para a Lagoa Imboacica (RJ), Faria *et al.* (1998) encontraram uma concentração de amônia na ordem de $227,4 \mu\text{g.l}^{-1}$. Enquanto que, Barbieri & Pérez (1997) relataram para o Lago Batata (Amazônia) concentrações de amônia na ordem de $750,6 \mu\text{g.l}^{-1}$ e de nitrato de $121,8 \mu\text{g.l}^{-1}$. No estudo de reservatórios do Estado da Paraíba, Leite & Watanabe (1997) encontraram concentrações de nitrato na ordem de $265,4 \mu\text{g.l}^{-1}$ e de amônia de $500,3 \mu\text{g.l}^{-1}$.

Em relação a represa da Pampulha o fato mais importante a ser ressaltado é o aumento acentuado das concentrações de nitrato e nitrito a partir de setembro/98, concomitante com aumento das concentrações de OD nas camadas mais profundas e na interface sedimento-água. Os processos de desnitrificação acarretam conseqüências ecológicas e geológicas em ambientes de água doce e marinhos. A remoção de nitrogênio é importante na regulação da produção primária, e em águas que recebem uma quantidade substancial de nutrientes antropogênicos, a desnitrificação pode ajudar a controlar o grau de eutrofização. Não existe uma relação nítida entre a taxa de desnitrificação e o estado trófico de um lago. Se existe uma concentração disponível de nitrato, a desnitrificação pode ocorrer em condições de baixa concentração de oxigênio em regiões hipolimnéticas, como em sedimentos (Seitzinger 1988).

Os fatores reguladores que influenciam a desnitrificação em sistemas aquáticos incluem a temperatura, o suprimento de nitrato e de matéria orgânica e concentração de oxigênio. Usualmente, ocorre um aumento da desnitrificação com aumento da temperatura, apesar de ser difícil de separar o efeito da temperatura dos outros fatores (Seitzinger 1988).

A desnitrificação geralmente ocorre sob condições de baixas concentrações de oxigênio e/ou em condições anaeróbias. Investigações do efeito do oxigênio indicam que, em ambientes de água doce e marinhos, uma concentração de aproximadamente $0,2 \text{ mg.l}^{-1}$ de oxigênio é requerida para a desnitrificação (Seitzinger 1988). Em experimento da influência da concentração do oxigênio dissolvido na acumulação de nitrato em um reator de biofilme, Garrido *et al.* (1996) demonstraram que, sob baixas concentrações de oxigênio, a taxa de oxidação de nitrito decresce, e que concentrações mais altas de oxigênio levam a um acúmulo de nitrato.

As bactérias heterotróficas também são responsáveis pela produção de amônia, sendo essa resultante da decomposição da matéria orgânica e de outros compostos de

nitrogênio (Hutchinson 1975, Wetzel 1983). Usualmente as concentrações da amônia em águas com alto teor de oxigênio dissolvido são baixas, e um acúmulo de amônia é observado quando o hipolímnio se torna anóxico. Sob condições anaeróbias a nitrificação, que pode ser realizada por bactérias, fungos e organismos autotróficos, cessa (Hutchinson 1975, Wetzel 1983). Durante os períodos de estratificação térmica ocorre um acúmulo de amônia no hipolímnio (Hutchinson 1975).

As baixas concentrações de oxigênio dissolvido nas camadas mais profundas da represa da Pampulha observadas em janeiro a maio/98 estariam favorecendo a amonificação, levando a coluna-d'água da represa a apresentar altas concentrações de amônia. As altas concentrações de amônia ocorreram quando a coluna-d'água se encontrava estratificada. Quando começa a ocorrer, a partir de maio, chegando a valores máximos em setembro, outubro e novembro/98, uma melhor oxigenação da coluna-d'água, devido a desestratificação térmica, observa-se um acúmulo de nitrato na represa, graças possivelmente à oxidação da amônia (nitrificação). Em dezembro/98 mais uma vez as concentrações de nitrato caem bruscamente, e ao mesmo tempo observa-se que o OD mais uma vez volta a ser igual a zero nas camadas mais profundas.

Tradicionalmente as bactérias têm sido consideradas como remineralizadoras, responsáveis pela conversão da matéria orgânica em inorgânica e pela ciclagem de nutrientes para os produtores primários. A confirmação da importância das bactérias na ciclagem de nutrientes resultou na teoria do "*microbial loop*" (Pomeroy 1974, Azam *et al.* 1983). Uma alta eficiência de conversão do carbono parece ocorrer sob condições de excesso de nutrientes (especialmente nitrogênio) (Azam *et al.* 1983). Uma importante consequência do "*microbial loop*" é o fato das bactérias serem capazes de absorver nutrientes em baixas concentrações. A dinâmica comportamental do "*microbial loop*" é resultado de diversas relações ecológicas: comensalismo, competição e predação (Azam *et al.* 1983). O comensalismo ocorre quando a matéria orgânica dissolvida (MOD) é produzida pelo fitoplâncton e utilizada pelas bactérias heterotróficas. A produção de MOD é influenciada pela disponibilidade de nutrientes. Por sua vez, a competição pelos nutrientes ocorre entre o fitoplâncton e as bactérias, sendo influenciada pelas condições de crescimento das algas bem como pela disponibilidade de substrato orgânico para o crescimento bacteriano. A predação de bactérias por microflagelados influencia o resultado da competição entre algas e bactérias. A regeneração dos nutrientes resultantes da predação irá prover um "*feedback*" no fluxo de alguns minerais dentro do

“*microbial loop*”. Assim, é evidente que o ciclo de carbono está fortemente ligado a outros fluxos de minerais. O entendimento dos mecanismos de regulação do “*microbial loop*” é muito importante já que a poluição “*latu sensu*” de corpos de água resulta da adição de nutrientes, carbono e outros estressores ambientais ao ecossistema (Azam *et al.* 1983).

Os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes que legislam e fiscalizam o uso da água para o contato primário com água recreacionais têm-se baseado na contagem do grupo coliformes. Esses padrões têm sido confirmados por estudos epidemiológicos, e correlações entre a contagem de coliformes e a presença de gêneros patogênicos como *Salmonella*, em águas de regiões temperadas. As altas temperaturas nos trópicos induzem a geração de dúvidas sobre a significância sanitária da contagem do grupo coliformes. A temperatura da água em regiões tropicais pode chegar até 35°C, temperatura seletiva de incubação para a contagem de coliformes totais. Populações de bactérias adaptadas a essas temperaturas podem facilmente incluir espécies capazes de interferir na especificidade do método utilizado para a contagem do grupo coliformes (Hagler *et al.* 1986). Entretanto Hagler *et al.* (1986) observam que o método do número mais provável (NMP) para enumeração do grupo coliformes fecais é um bom indicador de qualidade para águas recreacionais. No trabalho de Hagler *et al.* (1986) foi encontrada uma alta correlação entre as densidades de bactérias heterotróficas, coliformes fecais e leveduras, indicando que estas últimas também podem ser utilizados como efetivos indicadores de qualidade de água.

Altas densidades de coliformes totais e fecais foram encontrados em todos os tributários e na represa da Pampulha ao longo do ano. Essas densidades foram superiores aos relatados por Araújo *et al.* (1990) em ambientes marinhos e de água doce da cidade do Rio de Janeiro; por Ceballos *et al.* (1995) em lagos e rios da região da cidade de Campina Grande (Paraíba); e ainda aos encontrados por Peçanha *et al.* (1996) no Ribeirão Claro (São Paulo). As densidades de coliformes totais e fecais relatadas por Rosa *et al.* (1990), no estudo da Lagoa Olhos D' Água (Lagoa Santa) também foram inferiores às encontradas na represa da Pampulha.

Segundo a Deliberação Normativa do COPAM (N.º 010/86), que classifica e enquadra as coleções de água quanto a sua qualidade e uso, todos os córregos e inclusive a represa podem ser considerados impróprios para balneabilidade (Anexo X). O Anexo XI mostra a classificação das coleções de água em relação ao seu uso

(segundo COPAM N.º 010/86). As águas da represa são utilizadas por parte da população para pesca e recreação (que na maioria das vezes pratica a pesca na desembocadura dos córregos da represa, principalmente no Mergulhão, Tijuco e Olhos D'Água), que poderiam assim ser classificadas na Classe 2 (Anexo XI). Segundo os Anexos X e XI, em relação às densidades de coliformes, concentrações de fósforo e amônia, desaconselha-se o uso das águas da represa (e de seus tributários) para a pesca e recreação.

A maioria dos tributários e a represa da Pampulha, apresentaram altas densidades de bactérias heterotróficas ao longo do ano. As contagens de bactérias heterotróficas foram maiores do que as encontradas por Kolm *et al.* (1997) no estudo da Baía de Antonina e Paranaguá (Paraná) e por Araújo *et al.* (1990) no estudo de rios e águas oceânicas na cidade do Rio Janeiro. As altas densidades de bactérias heterotróficas verificadas em todos os pontos de coleta deste estudo sugerem uma importância das bactérias na cadeia trófica da represa e de seus tributários. No estudo do carbono orgânico, Tôrres *et al.* (1998) mostraram que o carbono orgânico não pigmentado é mais importante, possuindo uma percentagem maior do que o pigmentado, em relação ao carbono orgânico total na represa da Pampulha. Sugerem ainda que o carbono sestônico não pigmentado é a principal fonte de alimento para o zooplâncton da represa, ressaltando-se a importância das bactérias como fonte de alimento para os níveis tróficos superiores. Outro estudo corrobora essa idéia. Araújo & Pinto-Coelho (1998) no estudo da produção e consumo do carbono orgânico na represa da Pampulha concluíram que a cadeia microbiana ou de detritos deve ser a principal via alimentar do zooplâncton nesse reservatório. Esses autores encontraram que a produção primária do reservatório é baixa e que a maior contribuição ao carbono sestônico foi oriunda de microheterotrófos planctônicos e de detritos. Esse mesmo quadro de importância das bactérias como fonte de alimento, foi encontrado por Hessen *et al.* (1990) para o Lago Kjesasputten (Noruega).

Alguns autores sugerem que o número e a composição de espécies de leveduras que ocorrem em lagos e rios pode servir como um índice da quantidade de poluição nesses corpos-d'água. Como as leveduras são o principal constituinte da flora de fungos de esgotos, sua presença, em qualquer número, pode ser utilizada como indicadora da presença de esgoto (Spencer *et al.* 1974). Em estudo realizado em lagos e rios do Saskatchewan, Spencer *et al.* (1974) encontraram contagens de leveduras, nos rios,

variando de 20 a 400 células por litro, e em regiões perto de cidades esse número subiu para 4000 células por litro. Nos dois lagos amostrados, naquele estudo, as contagens ficaram em torno de 400 cel/litro, sendo que a DQO nesses lagos nunca excedeu a 50mg.l^{-1} . Ainda segundo Spencer *et al.* (1974), o número de leveduras presente em rios que recebem descarga de efluentes orgânicos, tanto doméstico quanto industrial, é elevado.

Em relação aos tributários, encontramos densidades mais elevadas de leveduras nos córregos que recebem uma maior carga de esgoto (doméstico e industrial), entre eles o Ressaca/Sarandi e o Água Funda. Entretanto, as densidades de leveduras variaram muito ao longo do ano e um padrão temporal não foi encontrado nem para a represa nem para os tributários. No estudo da ocorrência e distribuição de leveduras em uma lagoa urbana (Lagoa Olhos D' Água, em Lagoa Santa/MG), Rosa *et al.* (1995) observaram que as maiores contagens de leveduras foram encontradas na superfície e que essas apresentaram uma variação sazonal de aumento da contagem na época de chuvas, sugerindo uma origem alóctone das leveduras desses lago. Resultados semelhantes a estes foram descritos para o lago Lagoa Santa (MG, Brasil) por Morais *et al.* (1996). A represa da Pampulha apresentou uma maior densidade de leveduras na época seca e a densidade média foi superior à encontrada por Rosa *et al.* (1995) Morais *et al.* (1996) em lagos de Lagoa Santa (MG).

A densidade de leveduras foi correlacionada com as concentrações de nutrientes, principalmente o fósforo. Entretanto não foi encontrada uma correlação entre a densidade de leveduras e a concentração de nitrato. Hedrick & Soyunc (1967) e Hedrick *et al.* (1968) encontraram uma correlação entre as populações totais de leveduras e as concentrações de nitrogênio orgânico e nitrato. Enquanto que Rosa *et al.* (1995) e Morais *et al.* (1996) não encontraram uma correlação significativa entre as concentrações de nutrientes e a densidades de leveduras para os lagos da região de Lagoa Santa. A identificação das leveduras dos tributários e da represa da Pampulha ainda está em andamento. Com a determinação das espécies de leveduras encontradas nos tributários e na represa pode ser encontrado um quadro mais explicativo de suas reais condições sanitárias.

Os resultados do PCA demonstraram uma correlação positiva entre fósforo, carbono, sólidos, amônia, e a densidade de microrganismos e uma correlação inversa desses em relação às concentrações de oxigênio dissolvido, nitrato e nitrito. Pinto-

Coelho (1988), no estudo do efeito da eutrofização no padrão sazonal das espécies zooplanctônicas na represa da Pampulha, encontrou resultados similares aos resultados da análise de PCA. A análise de PCA, no estudo de Pinto-Coelho (1998), mostrou que a condutividade elétrica, o COP, e o fósforo apresentaram uma correlação positiva e inversa ao oxigênio dissolvido, como foi encontrado nesse estudo. Ainda, a densidade de *Daphnia* estaria associada a uma alta disponibilidade de nutrientes, enquanto que a densidade de *Diaphanosoma* foi correlacionada com a biomassa algal e níveis moderados de nutrientes. Em outro estudo da avaliação dos impactos provocados pela descarga de esgotos no Ribeirão Claro (SP), Camargo *et al.* (1995) apresentaram resultados do PCA semelhantes aos encontrados nesse estudo, onde uma correlação positiva entre condutividade elétrica, fósforo total e amônia foi encontrada, e estes últimos apresentaram uma relação inversa com o oxigênio dissolvido.

Segundo Svendsen & Kronvang (1993), a retenção de nutrientes em rios retarda a contribuição de nutrientes para sistemas aquáticos (lagos e oceanos). A composição de nutrientes não é apenas alterada por processos de retenção e subsequente resuspensão, mas também por características físicas, químicas e os processos biológicos durante a estocagem. A retenção de nutrientes, particularmente em sedimentos, ocorre durante condições de baixo fluxo e é favorecida pela baixa velocidade da água. Os resultados do trabalho de Svendsen & Kronvang (1993) mostraram que a retenção de nutrientes em rios pode efetivamente reduzir a exportação de nutrientes para outros ecossistemas aquáticos em períodos de baixo fluxo, e aquelas áreas com macrófitas possuem o maior potencial para estocar nutrientes. A retenção tem, com certeza, um efeito no fluxo de nutrientes através dos ecossistemas aquáticos. Portanto, é essencial incorporar esse fato quando se forem discutir modelos de dinâmicas de nutrientes e eutrofização, bem como, no estabelecimento da quantidade de fontes de nutrientes, e programas de amostragem para a estimativa de taxas de transporte de nutrientes.

A represa da Pampulha apresentou um padrão exportador de matéria orgânica e retentor de nutrientes inorgânicos. Thingstad *et al.* (1997) sugerem que lagos oligotróficos usualmente possuem comunidades dominadas por pequenos microrganismos com potencial de exportar COD, enquanto que lagos eutróficos possuem comunidades dominadas por microrganismos de uma cadeia alimentar clássica resultando em exportação de COP. Este último parece ser o caso da represa da

Pampulha, já que a mesma, um reservatório hipereutrófico, exporta cerca de 621 toneladas de COP por ano, enquanto retém cerca de 7535 ton/ano de COD.

No estudo do fluxo do fósforo total em 16 lagos do Nordeste da Irlanda e da borda escocesa, Gibson *et al.* (1996) reportam que em todos os casos a precipitação e o aporte por via dos tributários foram as principais fontes de fósforo para os lagos. Em lagos mais ricos, uma liberação significativa de fósforo do sedimento causou um rápido aumento de fósforo na coluna-d'água. Em estudo em lagos da República Tcheca, Straskraba *et al.* (1995) encontraram um tempo de retenção para o fósforo variando de 7 a 604 dias. Segundo esses autores, os reservatórios usualmente possuem um tempo teórico de retenção maior que lagos. Os resultados encontrados no estudo de Straskraba *et al.* (1995) indicaram que: 1) o tempo de retenção teórico da água em reservatórios e lagos é uma variável importante para se determinar o grau de retenção do fósforo; 2) existe uma diferença significativa entre a retenção do fósforo total e do fósforo solúvel e 3) o tempo de retenção parece ser decisivo para determinação do grau de estratificação e, dessa forma, sobre a mistura da coluna-d'água. Usualmente reservatórios mais rasos retém menos fósforo e essa retenção parece ser muito sensível às condições do tempo (Straskraba *et al.* 1995).

Em estudo realizado no Rio Kavlingeån (Suécia), que sofre a influência de águas residuais de diversas fontes (municipal, industrial e de agricultura), Krug (1993) encontrou uma carga de fósforo total na ordem de 107 ton/ano para o ano de 1960 e posteriormente, em 1988, de 70 ton/ano. Essa redução de aproximadamente 30% da poluição por fósforo foi atribuída a construção de estações de tratamentos mais eficientes de esgotos domésticos e efluentes industriais. Cordeiro Netto & Dutra Filho (1981), no estudo de balanço de fósforo no Lago Paranoá (Brasília), encontraram um aporte de fósforo de aproximadamente 115 ton/ano e uma taxa de retenção de 80%. O aporte anual de fósforo total, por via dos tributários da represa da Pampulha, foi muito alto apresentando uma carga de 655 ton/ano e uma taxa de retenção de 79%. Na represa da Pampulha o tempo de retenção estimado para o fósforo total foi de 15 dias, e cerca de 521 toneladas de fósforo são retidas anualmente.

Os coeficientes de retenção para o nitrogênio em rios são importantes para o cálculo da carga de nitrogênio que entra em lagos e oceanos (Faafeng & Roseth 1993). Uma retenção na ordem de 50% ou mais tem sido reportada para as terras baixas da

Escandinávia e para grandes rios do oeste europeu (Fleischer & Hamrim 1988 e Billen 1988 “apud” Faafeng & Roseth 1993)

Svendesen & Kronvang (1993) encontraram para o Lago Sobyarg (Dinamarca) uma retenção de nitrogênio de cerca de 25 ton/ano para o ano de 1987 e de 1,8 ton/ano, para o ano de 1988. Enquanto que em relação ao fósforo, Svendesen & Kronvang (1993) observaram uma taxa de exportação na ordem de 0,9 a 0,8 ton/ano durante os anos de 1987 e 1988, respectivamente. As quantidades de nitrogênio inorgânico dissolvido retidos anualmente na represa da Pampulha foram de 3041 ton/ano, e o tempo de retenção foi de 29 dias. As diferenças nos tempos de retenção do fósforo e do nitrogênio, encontradas no reservatório da Pampulha podem estar indicando uma mais rápida assimilação e incorporação do fósforo pelos organismos aquáticos, sugerindo que o fósforo seja o fator limitante da produtividade do ecossistema.

No estudo de balanço de massa realizado na represa da Pampulha, Barbosa *et al.* (1998) encontraram que a represa retém nitrogênio orgânico e exporta mais o nitrogênio inorgânico; quanto ao fósforo, esses autores relatam que a represa retém tanto o fósforo orgânico quanto o inorgânico. No presente estudo não foram mensurados o nitrogênio e o fósforo orgânicos. Entretanto, como já foi dito, na represa da Pampulha, segundo os resultados obtidos nesse trabalho, foi observada uma tendência de exportar nutrientes orgânicos e reter os inorgânicos no total anual. Ainda segundo Barbosa *et al.* (1998), os principais responsáveis pelo aporte de nutrientes na represa da Pampulha são os córregos Ressaca/Sarandi, seguido do Água Funda. Esse mesmo resultado foi encontrado nesse estudo, onde tais tributários foram os principais responsáveis pelo aporte de nutrientes até a represa. Os córregos Ressaca/Sarandi e Água Funda são os tributários que possuem as maiores áreas de sub-bacia, as maiores vazões e uma maior interferência humana. Esses córregos nascem na região da cidade de Contagem, atravessam áreas densamente povoadas (usualmente pela população de baixa renda) e com grandes quantidades de indústrias e ainda sofrem a interferência do aterro sanitário da cidade de Belo Horizonte. Eles, portanto, recebem uma carga muito grande de esgotos domésticos e industriais e carregam para a represa uma grande quantidade de nutrientes orgânicos e inorgânicos.

Em estudo no lago eutrófico Vortsjarv (Estônia), Noges *et al.* (1998) descobriram que o lago acumula nutrientes durante o período de seca e exporta durante o período de chuvas, sendo exportados principalmente fósforo e nitrogênio orgânicos.

Em relação às diferenças entre a época de seca e de chuvas, os nutrientes que são retidos no total anual (nitrogênio inorgânico dissolvido, carbono orgânico dissolvido, sólidos totais e inorgânicos em suspensão e fósforo total) apresentam o mesmo padrão de retenção tanto na época de chuvas quanto na de seca. Entretanto, o carbono orgânico particulado, carbono inorgânico dissolvido, sólidos orgânicos e a água são retidos na época seca, mas exportados no total anual e na época de chuvas. Em relação ao percentual de retenção nessas duas épocas do ano, encontramos, que para o fósforo, a represa retém na época de seca, cerca de 86% e na época de chuva, 76% do aporte total; para o nitrogênio, a percentagem de retenção é de 61% para a época de seca e 62% para a época de chuvas. Barbosa *et al.* (1998) encontraram resultados um pouco diferentes para o fósforo (94% na época de seca e 99% na época de chuvas) mas semelhantes para o nitrogênio (66% na época de seca e 69% na época de chuvas).

O tempo de retenção e o balanço de massa de nutrientes são fatores importantes a serem considerados no manejo de ecossistemas aquáticos. Segundo Straskraba *et al.* (1995) as principais conseqüências da retenção de fósforo para o manejo são:

- 1) Reservatórios mais profundos e estratificados são mais eficientes para a retenção de fósforo.
- 2) Um grande decréscimo das concentrações do fósforo solúvel ocorre imediatamente depois da entrada do rio no reservatório.
- 3) Quando ocorre o aumento da mistura da coluna-d'água, decresce a taxa de retenção do fósforo.
- 4) A construção de pequenos reservatórios em tributários pode ser utilizado para decrescer o "input" de fósforo para grandes rios, lagos e reservatórios.

Os resultados desse trabalho demonstraram que os problemas referentes à eutrofização na represa da Pampulha estão intimamente relacionados com a grande quantidade de aporte de nutrientes via tributários. Essas altas concentrações de nutrientes nos tributários estão relacionadas com a descarga de esgoto (domésticos e industriais), sedimentos advindos da erosão dos solos das sub-bacias e lixo entre outros fatores. Embora todos os tributários levem um expressivo aporte de nutrientes e carga orgânica, os córregos Ressaca/Sarandi e o Água Funda se destacam, devido aos valores absolutos do aporte de nutrientes, à contribuição em termos de coliformes, bactérias e leveduras e aos percentuais relativos do balanço de massa de N, C, P, considerando-se suas maiores vazões hidráulicas.

7 - CONCLUSÕES

- 1) Todos os tributários da represa da Pampulha, apesar de apresentarem diferenças espaciais, carregam uma considerável concentração de nutrientes, matéria orgânica e de microrganismos de significado sanitário para o reservatório.
- 2) A represa da Pampulha apresentou um padrão temporal de aumento de nutrientes na época seca.
- 3) Os tributários que apresentaram concentrações mais altas de nutrientes e matéria orgânica apresentaram também as maiores variações temporais.
- 4) As características físicas e químicas do Córrego Tijuco estão interferindo nos processos químicos e biológicos levando a um acúmulo de nitrato.
- 5) As densidades de microrganismos nos tributários e na represa foram altas em quase todos os meses de coleta. Os córregos Ressaca/Sarandi foram os que apresentaram as maiores densidades de microrganismos.
- 6) As águas da represa da Pampulha não devem ser utilizadas pela população para pesca e como balneário devido às altas densidades de microrganismos com significado sanitário.
- 7) O aporte de nutrientes por via dos tributários é maior na época de chuvas do que na de seca.
- 8) A represa da Pampulha retém todos os nutrientes na época seca e exporta os orgânicos na época de chuva.
- 9) A represa da Pampulha retém água no período de seca e no total anual e exporta no período de chuvas.

10) Os tributários que são principais responsáveis pelo aporte de altas concentrações de nutrientes e matéria orgânica para o reservatório e conseqüentemente pela degradação da qualidade da água da repesa da Pampulha são os córregos Ressaca/Sarandi e o Água Funda.

8 - RECOMENDAÇÕES PARA RECUPERAÇÃO E MONITORAMENTO DA REPRESA

A represa da Pampulha tem um grande valor histórico, cultural e turístico para a cidade de Belo Horizonte. É ainda muito utilizada pela população de baixa renda para recreação, lavagem de roupas, banhos e pesca. Como já foi proposto na discussão, as águas da represa poderiam ser classificadas na Classe 2, em relação ao uso dessas pela população. Entretanto, os resultados demonstraram que as concentrações de nutrientes e a densidade de microrganismos excedem o máximo estabelecido pelo COPAM (Nº10/86). Assim todas as medidas possíveis devem ser implementadas para se tentar reverter o quadro no qual a represa se encontra hoje. Considerando-se os resultados do presente trabalho, sugere-se a adoção das seguintes medidas:

- 1) Redução do aporte de N e P em todos os tributários.
- 2) Redução da carga orgânica e microbiológica em todos os tributários.
- 3) Reconhecimento de que a eutrofização (e não o assoreamento) é o problema ambiental que deve ser priorizado na gestão do reservatório.
- 4) O biomonitoramento da represa deve levar em conta toda a Bacia Hidrográfica incluindo os tributários e variáveis microbiológicas.
- 5) Alertar a comunidade para evitar o contato com as águas da represa, enfatizando que suas águas não devem ser utilizadas para banho, pesca, muito menos para a lavagem de roupas (sendo esta última também uma fonte de poluição principalmente, por fósforo).
- 6) Um programa eficiente de educação ambiental que vise alertar a toda a comunidade de Belo Horizonte e Contagem sobre a extrema necessidade de reciclar e evitar o lançamento do lixo doméstico nos tributários e na represa e minorar o uso de tensoativos (detergentes) à base de fósforo. Ao mesmo tempo deve-se enfatizar a importância da recuperação e preservação da represa para a cidade de Belo Horizonte, devido à sua importância histórica, cultural e ambiental.
- 7) Intensificar a fiscalização do lançamento de esgotos industriais nos tributários da represa, bem como a aplicação de multas.
- 8) A formação de um grupo interdisciplinar para sugerir, acompanhar e avaliar as ações que estão sendo realizadas no reservatório, que inclua membros da SUDECAP, PBH/SMMA, membros da comunidade e ainda limnólogos (para a avaliação das consequências ecológicas das ações a serem implementadas).

9 - PROGRAMAS DE RECUPERAÇÃO E GESTÃO DA REPRESA

Atualmente, dois projetos que visam a melhoria da qualidade da água da represa estão sendo realizados. O primeiro chamado de PROSAM (Programa de Saneamento Ambiental das Bacias dos Ribeirões Arrudas e do Onça), trata-se de um projeto bastante divulgado na imprensa, no sentido de que seria a solução dos problemas ambientais da represa. Esse já se encontra em fase de conclusão. Entretanto, o PROSAM interviu apenas no Córrego Sarandi sendo realizadas obras de interceptação e de coleta dos esgotos domésticos e industriais, e ainda a canalização de 10km do córrego (SMMA/PBH 1999).

O PROPAM (Programa de Recuperação e Desenvolvimento Ambiental da Bacia da Pampulha), em fase de elaboração e captação de recursos, é um projeto mais abrangente, já que envolve toda a bacia da represa da Pampulha e é subdividido em três sub programas:

1) Sub Programa de Saneamento Ambiental (SMMA/PBH 1999)

⇒ Recuperação de Nascentes e Áreas Degradadas

Visa à recuperação urbana com pavimentação, drenagem, esgotamento sanitário, coleta de lixo, contenção e revegetação das encostas de vilas e ainda a proteção das nascentes pertencentes à bacia.

⇒ Melhoria do Sistema de Coleta, Manejo e Tratamento de Resíduos Sólidos

Ampliação dos serviços de coletas de lixo da população de baixa renda, estação de reciclagem de entulho, ampliação do programa de coleta seletiva e reciclagem de lixo.

⇒ Tratamento de Fundo de Vale e Esgotamento Sanitário

Construção de interceptores de esgotos em várias avenidas, inclusive na Av. Otacílio Negrão de Lima, e nos córregos Água Funda e Baraúna, estação de tratamento de esgotos dos córregos Ressaca, Sarandi, Água Funda, Mergulhão e Tijuco.

2) Sub Programa de Recuperação da Lagoa (SMMA/PBH 1999)

Visa principalmente ao desassoreamento da lagoa através de dragagem de sedimentos acumulados no reservatório e a disposição final desses sedimentos e o aproveitamento da areia.

3) Sub Programa de Gestão Ambiental (SMMA/PBH 1999)

Visa o controle e monitoramento ambiental da qualidade físico-química e microbiológica da água. O PROPAM, se eficientemente implementado e realizado, pode contribuir para a redução do aporte de sedimentos e nutrientes ao reservatório. Entretanto não foram incluídos todos os tributários do reservatório nesse projeto. E a dragagem dos sedimentos no corpo-d'água do reservatório pode agravar a baixa qualidade da água da lagoa através do aumento das concentrações de nutrientes na coluna-d'água.

10 - TABELAS E FIGURAS

TABELA I: Área das sub-bacias e vazões médias na época de chuva e seca dos principais tributários da represa da Pampulha (Fonte: SUDECAP 1985).

Córrego	Área da Bacia (ha)	Vazão Média ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	
		Chuva	Seca
Mergulhão	340	0,0406	0,0286
Tijuco	177	0,0293	0,0206
Ressaca/Sarandi	6152	1,6320	0,6506
Água Funda	1695	0,5393	0,0583
Baraúna	190	0,0353	0,0263
AABB	71	0,0045	0,0034
Olhos D' Água	291	0,0446	0,0100
Total	8916	2,3260	0,7980

TABELA II: Evolução do grau de eutrofização da represa da Pampulha ao longo dos anos 90.
 Fonte: Pinto-Coelho *et al.* (1997), Biomonitoramento Plurianual do Reservatório da Pampulha, convênio PBH/SMMA/SUDECAP.

Fator Limnológico		Anos					
		1993	1994	1995	1996	1997	1998
Amônia ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	Mínimo	1151	1302	1377	1083	204	649
	Média	3092	1952	2987	3701	3593	4354
	Máximo	5567	3369	5138	5939	7062	8964
Fósforo Total ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	Mínimo	31	31	35	41	53	65
	Média	54	88	117	104	148	223
	Máximo	76	189	367	246	338	502
Clorofila ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	Mínimo			3	0	3	6
	Média			18	16	47	56
	Máximo			70	49	104	174
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	Mínimo		202	218	200	198	225
	Média		263	268	290	288	315
	Máximo		305	327	360	357	395
Secchi (cm)	Mínimo	60	40	50	30	20	30
	Média	121	63	83	78	47	45
	Máximo	200	90	150	120	75	80

TABELA III: Cronograma das análises realizadas na represa da Pampulha e em seus tributários, durante o período de coleta.

Pontos de coleta	Fatores limnológicos básicos (pH, °C, condutividade, OD)		Análises Físicas-Químicas				Análises microbiológicas		
			Fósforo	Carbono	Série Nitrogenada	Sólidos em Suspensão	Coliformes	Bactérias Heterotróficas	Leveduras
Córrego Mergulhão	Nov/97-Dez/98	Nov/97-Dez/98	Nov/97-Dez/98	Nov/97-Dez/98	Nov/97-Dez/98	Nov/97-Dez/98	Jan/98-Dez/98	Fev/98-Dez/98	Abr/98-Dez/98
Córrego Tijucó	Nov/97-Dez/98	Nov/97-Dez/98	Nov/97-Dez/98	Nov/97-Dez/98	Nov/97-Dez/98	Nov/97-Dez/98	Jan/98-Dez/98	Fev/98-Dez/98	Abr/98-Dez/98
Córrego Ressaca/Sarandi	Nov/97-Dez/98	Nov/97-Dez/98	Nov/97-Dez/98	Nov/97-Dez/98	Nov/97-Dez/98	Nov/97-Dez/98	Jan/98-Dez/98	Fev/98-Dez/98	Abr/98-Dez/98
Córrego Água Funda	Nov/97-Dez/98	Nov/97-Dez/98	Nov/97-Dez/98	Nov/97-Dez/98	Nov/97-Dez/98	Nov/97-Dez/98	Jan/98-Dez/98	Fev/98-Dez/98	Abr/98-Dez/98
Córrego Baraúna	Dez/97-Dez/98	Dez/97-Dez/98	Dez/97-Dez/98	Dez/97-Dez/98	Dez/97-Dez/98	Dez/97-Dez/98	Jan/98-Dez/98	Fev/98-Dez/98	Abr/98-Dez/98
Córrego AABB	Dez/97-Dez/98	Dez/97-Dez/98	Dez/97-Dez/98	Dez/97-Dez/98	Dez/97-Dez/98	Dez/97-Dez/98	Jan/98-Dez/98	Fev/98-Dez/98	Abr/98-Dez/98
Córrego Ólhos D' Água	Nov/97-Dez/98	Nov/97-Dez/98	Nov/97-Dez/98	Nov/97-Dez/98	Nov/97-Dez/98	Nov/97-Dez/98	Jan/98-Dez/98	Fev/98-Dez/98	Abr/98-Dez/98
Represa da Pampulha	Dez/97-Dez/98	Dez/97-Dez/98	Dez/97-Dez/98	Dez/97-Dez/98	Dez/97-Dez/98	Dez/97-Dez/98	Jan/98-Dez/98	Fev/98-Dez/98	Abr/98-Dez/98
Sumidouro Tulipa	Abr/98-Dez/98	Abr/98-Dez/98	Abr/98-Dez/98	Abr/98-Dez/98	Abr/98-Dez/98	Abr/98-Dez/98	.	.	.

TABELA IV: Estimativa do balanço hídrico anual da represa da Pampulha, Belo Horizonte/MG, durante 1998.

Aporte	Balanço Hídrico (m ³ /s)					
	Meses Chuva		Meses Seca		Anual	
	Média	%	Média	%	Total	%
Mergulhão	0,041	1,68	0,029	3,51	0,420	2,04
Tijuco	0,029	1,22	0,021	2,53	0,346	1,68
Ressaca/Sarandi	1,632	67,61	0,651	79,67	15,198	73,92
Água Funda	0,539	22,34	0,058	7,14	3,657	17,79
Baraúna	0,035	1,46	0,026	3,22	0,398	1,94
AABB	0,005	0,19	0,003	0,42	0,048	0,23
Olhos D'Água	0,045	1,85	0,010	1,22	0,385	1,87
Somatório Tributários	2,326	96,35	0,798	97,71	20,452	99,47
Pluviosidade na Bacia	0,088	3,65	0,019	2,29	0,108	0,53

Saída						
Tulipa	3,105	128,63	0,674	82,52	20,397	99,21

Balanço (entrada - saída)	<i>0,691</i>	<i>28,63</i>	-0,143	-17,48	-0,163	-0,79

* Os dados em *itálico* indicam exportação e os em **negrito** retenção

TABELA V : Estimativa do balanço de massa de sólidos totais (g/s) em suspensão da represa da Pampulha, Belo Horizonte/MG, durante 1998.

Aporte	Sólidos Totais em Suspensão (g/s)						Ton./Ano
	Meses Chuva		Meses Seca		Anual		
	Média	%	Média	%	Total	%	
Mergulhão	1,134	1,265	0,819	3,257	11,720	1,701	364,53
Tijuco	0,607	0,677	0,255	1,014	5,175	0,751	160,96
Ressaca/Sarandi	70,098	78,179	22,386	89,031	554,908	80,555	17259,86
Água Funda	16,370	18,257	1,320	5,250	106,142	15,408	3301,44
Baraúna	0,484	0,540	0,199	0,791	4,096	0,595	127,40
AABB	0,158	0,176	0,039	0,155	1,182	0,172	36,76
Olhos D'Água	0,812	0,906	0,126	0,501	5,631	0,817	175,14
Aporte Total	89,663	100,000	25,144	100,000	688,854	100,000	21426,11

Saída							
Tulipa	72,428	80,78	11,394	45,31	502,930	73,01	15643,13

Balanço (aporte - saída)	-17,235	-19,22	-13,750	54,69	-185,924	-26,99	-5782,98

* Os dados em **negrito** indicam retenção

TABELA VI: Estimativa do balanço de massa de sólidos inorgânicos (g/s) em suspensão da represa da Pampulha, Belo Horizonte/MG, durante 1998.

Aporte	Sólidos Inorgânicos em Suspensão(g/s)						Ton./Ano
	Meses Chuva		Meses Seca		Anual		
	Média	%	Média	%	Total	%	
Mergulhão	0,883	1,470	0,396	2,737	7,671	1,715	238,59
Tijuco	0,489	0,814	0,165	1,140	3,925	0,878	122,08
Ressaca/Sarandi	45,083	75,046	12,772	88,271	347,131	77,613	10797,16
Água Funda	12,504	20,814	0,885	6,117	80,337	17,962	2498,80
Baraúna	0,380	0,633	0,132	0,912	3,069	0,686	95,45
AABB	0,114	0,190	0,023	0,159	0,827	0,185	25,72
Olhos D' Água	0,621	1,034	0,096	0,663	4,297	0,961	133,65
Aporte Total	60,074	100,000	14,469	100,000	447,257	100,000	13911,48

Saída							
Tulipa	32,287	53,75	5,125	35,42	224,474	50,19	6982,03
Balanço (aporte - saída)	-27,787	-46,25	-9,344	-64,58	-222,783	-49,81	-6929,44

* Os dados em **negrito** indicam retenção

TABELA VII: Estimativa do balanço de massa de sólidos orgânicos (g/s) em suspensão da represa da Pampulha, Belo Horizonte/MG, durante 1998.

Aporte	Sólidos Orgânicos em Suspensão (g/s)						Ton./Ano
	Meses Chuva		Meses Seca		Anual		
	Média	%	Média	%	Total	%	
Mergulhão	0,251	0,848	0,424	3,972	4,048	1,676	125,99
Tijuco	0,118	0,399	0,090	0,843	1,251	0,518	38,91
Ressaca/Sarandi	25,015	84,542	9,614	90,052	207,777	86,001	6462,69
Água Funda	3,866	13,066	0,435	4,075	25,806	10,681	802,66
Baraúna	0,104	0,351	0,067	0,628	1,027	0,425	31,94
AABB	0,043	0,145	0,016	0,150	0,355	0,147	11,04
Olhos D' Água	0,192	0,649	0,030	0,281	1,334	0,552	41,49
Aporte Total	29,589	100,000	10,676	100,000	241,598	100,000	7514,66

Saída							
Tulipa	40,140	135,66	6,269	58,72	278,457	115,26	8661,12
Balanço (aporte - saída)	10,551	35,66	-4,407	-41,28	36,859	15,26	1146,46

* Os dados em *itálico* indicam exportação e os em **negrito** retenção

TABELA VIII: Estimativa do balanço de massa de fósforo total (mg/s) na represa da Pampulha, Belo Horizonte/MG, durante 1998.

Aporte	Fósforo Total (mg/s)						Ton/Ano
	Meses Chuva		Meses Seca		Anual		
	Média	%	Média	%	Total	%	
Mergulhão	9,387	0,382	10,215	0,965	117,617	0,558	3,65
Tijuco	1,601	0,065	2,145	0,203	22,477	0,107	0,69
Ressaca/Sarandi	2228,718	90,789	1006,598	95,089	19411,899	92,084	603,78
Água Funda	208,912	8,510	36,960	3,491	1475,228	6,998	45,88
Baraúna	1,739	0,071	0,821	0,078	15,360	0,073	0,47
AABB	1,011	0,041	0,817	0,077	10,972	0,052	0,34
Olhos D' Água	3,469	0,141	1,029	0,097	26,989	0,128	0,83
Aporte Total	2454,837	100,000	1058,585	100,000	21080,542	100,000	655,68
Saída							
Tulipa	578,551	23,57	143,019	13,51	4329,420	20,54	134,66
Balanço (aporte - saída)	-1876,286	-76,43	-915,566	86,49	-16751,122	-79,46	-521,02

* Os dados em **negrito** indicam retenção

TABELA IX: Estimativa do balanço de massa de nitrogênio inorgânico dissolvido (mg/s) na represa da Pampulha, Belo Horizonte/MG, durante 1998.

Aporte	Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (mg/s)						Ton./Ano
	Meses Chuva		Meses Seca		Anual		
	Média	%	Média	%	Total	%	
Mergulhão	91,888	0,497	123,082	1,624	1289,818	0,825	40,11
Tijuco	17,502	0,095	17,012	0,224	207,087	0,132	6,44
Ressaca/Sarandi	15995,994	86,572	7029,850	92,743	138155,061	88,367	4297,17
Água Funda	2335,026	12,637	397,850	5,249	16397,255	10,488	510,02
Baraúna	3,056	0,017	3,451	0,046	39,046	0,025	1,21
AABB	4,228	0,023	1,784	0,024	36,074	0,023	1,12
Olhos D' Água	29,453	0,159	6,903	0,091	218,136	0,140	6,78
Aporte Total	18477,147	100,000	7579,932	100,000	156342,477	100,000	4862,87
Saída							
Tulipa	6841,628	37,03	2920,491	38,53	58572,713	37,46	1821,84
Balanço (aporte - saída)	-11635,519	-62,97	-4659,441	-61,47	-97769,764	-62,54	-3041,03

* Os dados em **negrito** indicam retenção

TABELA X: Estimativa do balanço de massa do carbono orgânico particulado (g/s) da represa da Pampulha, Belo Horizonte/MG, durante 1998.

Aporte	Carbono Orgânico Particulado (g/s)						Ton./Ano
	Meses Chuva		Meses Seca		Anual		
	Média	%	Média	%	Total	%	
Mergulhão	0,147	0,841	0,190	3,427	2,020	1,462	62,83
Tijuco	0,069	0,395	0,044	0,794	0,674	0,488	20,96
Ressaca/Sarandi	15,133	86,583	5,064	91,342	121,186	87,734	3769,36
Água Funda	1,885	10,785	0,195	3,517	12,478	9,034	388,11
Baraúna	0,105	0,601	0,022	0,397	0,762	0,552	23,70
AABB	0,018	0,103	0,011	0,198	0,178	0,129	5,53
Olhos D'Água	0,121	0,692	0,018	0,325	0,831	0,602	25,84
Aporte Total	17,478	100,000	5,544	100,000	138,129	100,000	4296,34
<hr/>							
Saída							
TULIPA	22,756	130,20	3,597	64,88	158,116	114,47	4918,04
Balanço (aporte - saída)	<i>5,278</i>	<i>30,20</i>	-1,947	-35,12	<i>19,987</i>	<i>14,41</i>	<i>621,67</i>

* Os dados em *italico* indicam exportação e os em **negrito** retenção

TABELA XI: Estimativa do balanço de massa do carbono orgânico dissolvido (g/s) da represa da Pampulha, Belo Horizonte/MG, durante 1998.

Aporte	Carbono Orgânico Dissolvido (g/s)						Ton./Ano
	Meses Chuva		Meses Seca		Anual		
	Média	%	Média	%	Total	%	
Mergulhão	0,003	0,009	0,004	0,040	0,039	0,015	1,21
Tijuco	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
Ressaca/Sarandi	31,981	99,859	9,779	98,114	250,560	99,447	7793,41
Água Funda	0,019	0,059	0,183	1,836	1,211	0,481	37,66
Baraúna	0,005	0,016	0,000	0,000	0,032	0,013	0,99
AABB	0,004	0,012	0,001	0,010	0,029	0,012	0,90
Olhos D'Água	0,014	0,044	0,000	0,000	0,082	0,033	2,55
Aporte Total	32,026	100,000	9,967	100,000	251,953	100,000	7836,74
<hr/>							
Saída							
Tulipa	1,616	5,05	0,000	0,00	9,694	3,85	301,52
Balanço (aporte - saída)	-30,410	-94,95	-9,967	-100,00	-242,259	-96,15	-7535,22

* Os dados em **negrito** indicam retenção

TABELA XII: Estimativa do balanço de massa do carbono inorgânico dissolvido (g/s) da represa da Pampulha, Belo Horizonte/MG, durante 1998.

Aporte	Carbono Inorgânico Dissolvido (g/s)						Ton./Ano
	Meses Chuva		Meses Seca		Anual		
	Média	%	Média	%	Total	%	
Mergulhão	0,586	1,168	0,430	3,029	6,096	1,578	189,61
Tijuco	0,365	0,728	0,242	1,705	3,667	0,949	114,05
Ressaca/Sarandi	41,553	82,823	12,268	86,413	322,927	83,610	10044,32
Água Funda	6,738	13,430	0,884	6,227	45,732	11,841	1422,44
Baraúna	0,387	0,771	0,249	1,754	3,813	0,987	118,59
AABB	0,048	0,096	0,027	0,190	0,448	0,116	13,93
Olhos D' Água	0,494	0,985	0,097	0,683	3,548	0,919	110,35
Aporte Total	50,171	100,000	14,197	100,000	386,231	100,000	12013,33

Saída							
Tulipa	57,020	113,65	11,888	83,74	413,447	107,05	12859,86
Balanco (aporte - saída)	6,849	13,65	-2,309	-16,26	27,216	7,05	864,52

* Os dados em *itálico* indicam exportação e os em **negrito** retenção

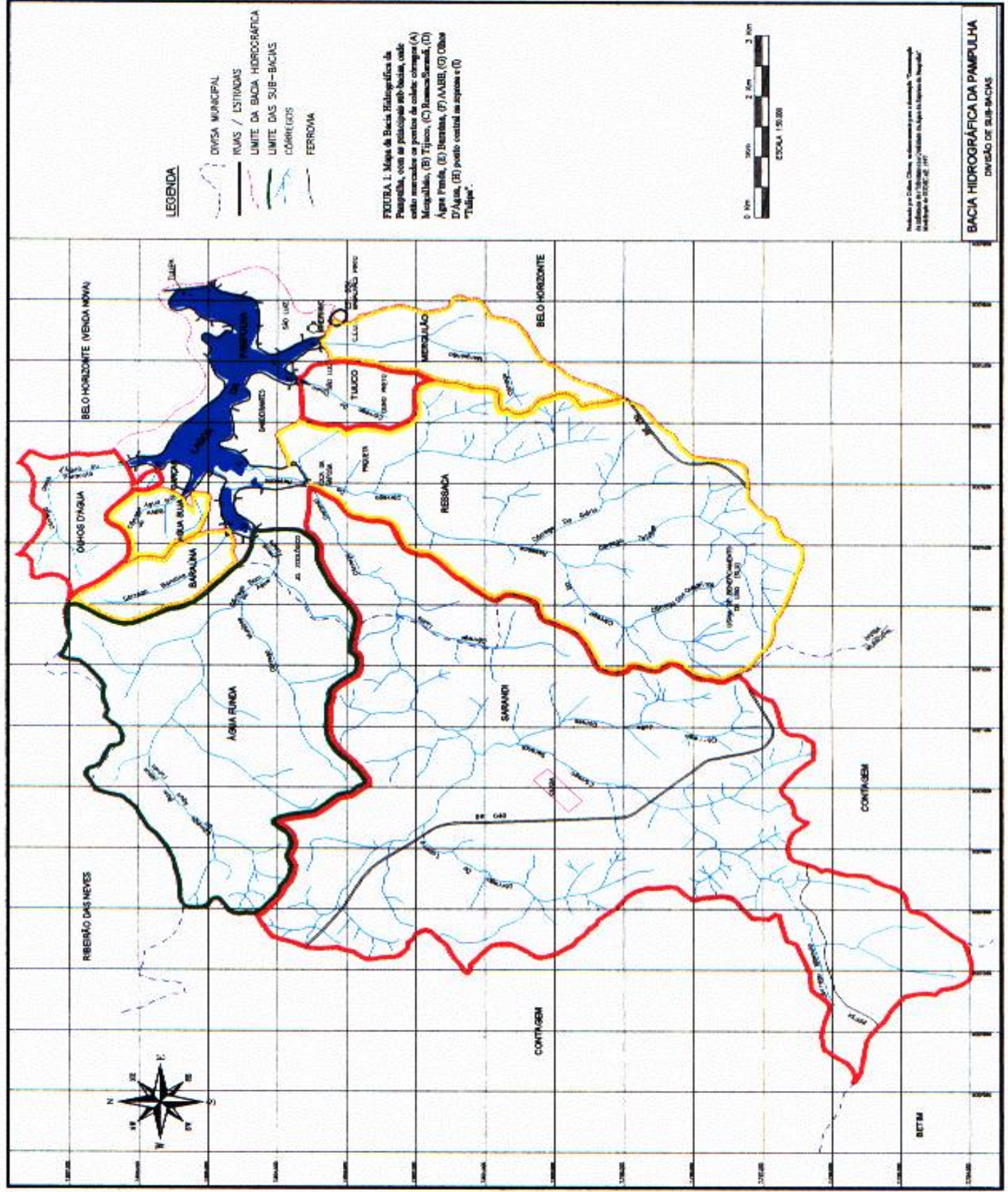
TABELA XIII: Estimativas do tempo de retenção dos diversos parâmetros analisados na represa da Pampulha, Belo Horizonte/MG, durante 1998.

Parâmetros	Reservatório	Tributários	Tempo de Retenção	
	toneladas	toneladas/dia	Dias	Meses
Nitrato	4,183	0,011	369,15	12,305
Nitrito	0,969	0,007	122,59	4,086
Amônia	28,093	0,019	1459,73	48,658
Nitrogênio Inorgânico	33,246	1,125	29,54	0,985
Fósforo Total	2,368	0,151	15,61	0,520
Fósforo Solúvel	0,448	1,277	0,35	0,012
Fósforo Particulado	1,920	0,121	15,81	0,527
Carbono Orgânico Particulado	64,763	0,994	65,12	2,171
Carbono Orgânico Dissolvido	45,124	1,814	24,87	0,829
Carbono Inorgânico Dissolvido	193,437	2,780	69,56	2,319
Sólidos Inorgânicos em Suspensão	98,616	3,220	30,62	1,021
Sólidos Orgânicos em Suspensão	121,431	1,739	69,81	2,327
Sólidos Totais em Suspensão	220,048	4,959	44,37	1,479
Água	11300000	147240	76,75	2,558

TABELA XIV: Percentagem da variância total explicada pelos três primeiros eixos da Análise de Componentes Principais, baseada nos parâmetros medidos na represa da Pampulha e em seus tributários de novembro/97 a dezembro/98.

Variável	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
FT	0.959804	0.083031	-0.048204
FS	0.883500	0.022569	0.038151
FT	0.935603	0.103901	-0.054975
SO	0.844405	0.173152	0.304738
SI	0.666671	-0.172939	-0.151698
CE	0.860107	0.063000	0.287963
OD	-0.288893	-0.573960	0.281813
pH	0.313628	-0.283599	0.669012
°C	0.339337	-0.552815	-0.066601
NI	-0.150710	-0.796744	0.302402
NA	0.154070	-0.797722	0.158358
AM	0.675754	0.371314	0.15328
COP	0.858345	0.090843	0.155705
CT	0.576381	-0.405808	-0.523549
CF	0.618734	-0.415877	-0.482939
BH	0.666990	-0.368136	-0.296274
LV	0.432913	0.066475	0.089471
CID	0.783122	0.197493	0.220165
COD	0.720630	0.077754	0.025708
% Variação Total Explicada	44,69%	14,40%	8,05%

* Os valores em **negrito** indicam os parâmetros selecionados pelo PCA.



(1)



(2)



(3)

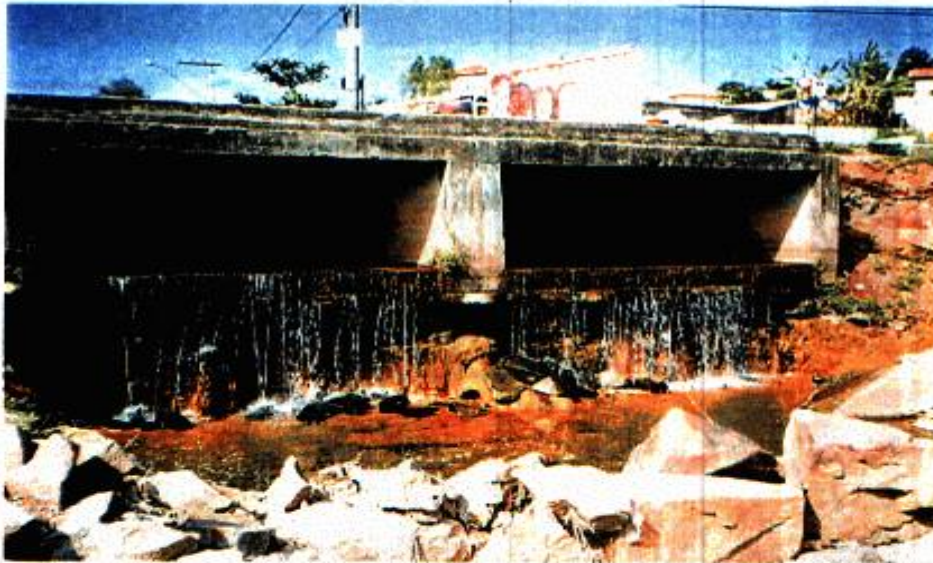


FIGURA 2: Fotos do Córrego Mergulhão (A) em: (1) janeiro/98, (2) setembro/98 e (3) dezembro/98.

(1)



(2)



(3)



FIGURA 3: Fotos do Córrego Tijuco (B), em: (1) janeiro/98, (2) setembro/98 e (3) dezembro/98.

(1)



(2)

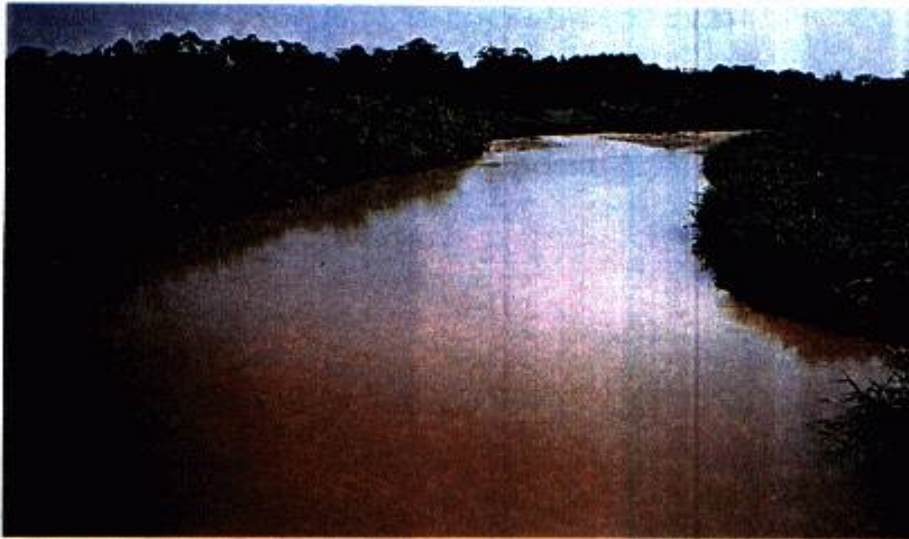


(3)



FIGURA 4: Fotos dos Córregos Ressaca/Sarandi (C) (depois da ponte), em: (1) janeiro/98, (2) agosto/98 e (3) dezembro/98

(1)



(2)



(3)



FIGURA 5: Fotos do Córrego Água Funda (D), em: (1) janeiro/98, (2) agosto/98 e em (3) dezembro/98.

(1)



(2)



(3)



FIGURA 6: Fotos do Córrego Baraúna (E), em: (1) janeiro/98, (2) agosto/98 e (3) dezembro/98.

(1)



(2)



(3)



FIGURA 7: Fotos do Córrego AABB (F), em: (1) janeiro/98, (2) abril/98 e (3) agosto/98.

(2)



(3)



FIGURA 8: Fotos do Córrego Olhos D' Água (G), em: (1) janeiro/98, (2) agosto/98 e (3) dezembro/98.

(1)



(2)



(3)



FIGURA 9: Fotos da Tulipa (I) em (1) abril/98 e (2) setembro/98, e do (3) aparato de coleta.

(1)



(2)



(3)



(4)



FIGURA 10: Fotos da (1) represa vazia em outubro/98, (2) área da marina do Iate Clube em outubro/98, (3) sujeira no Córrego Água Funda dentro da área do Zoológico/BH em agosto/98 e (4) sujeira comum nas águas da represa (inclusive com garrafas de plástico) em dezembro/98.

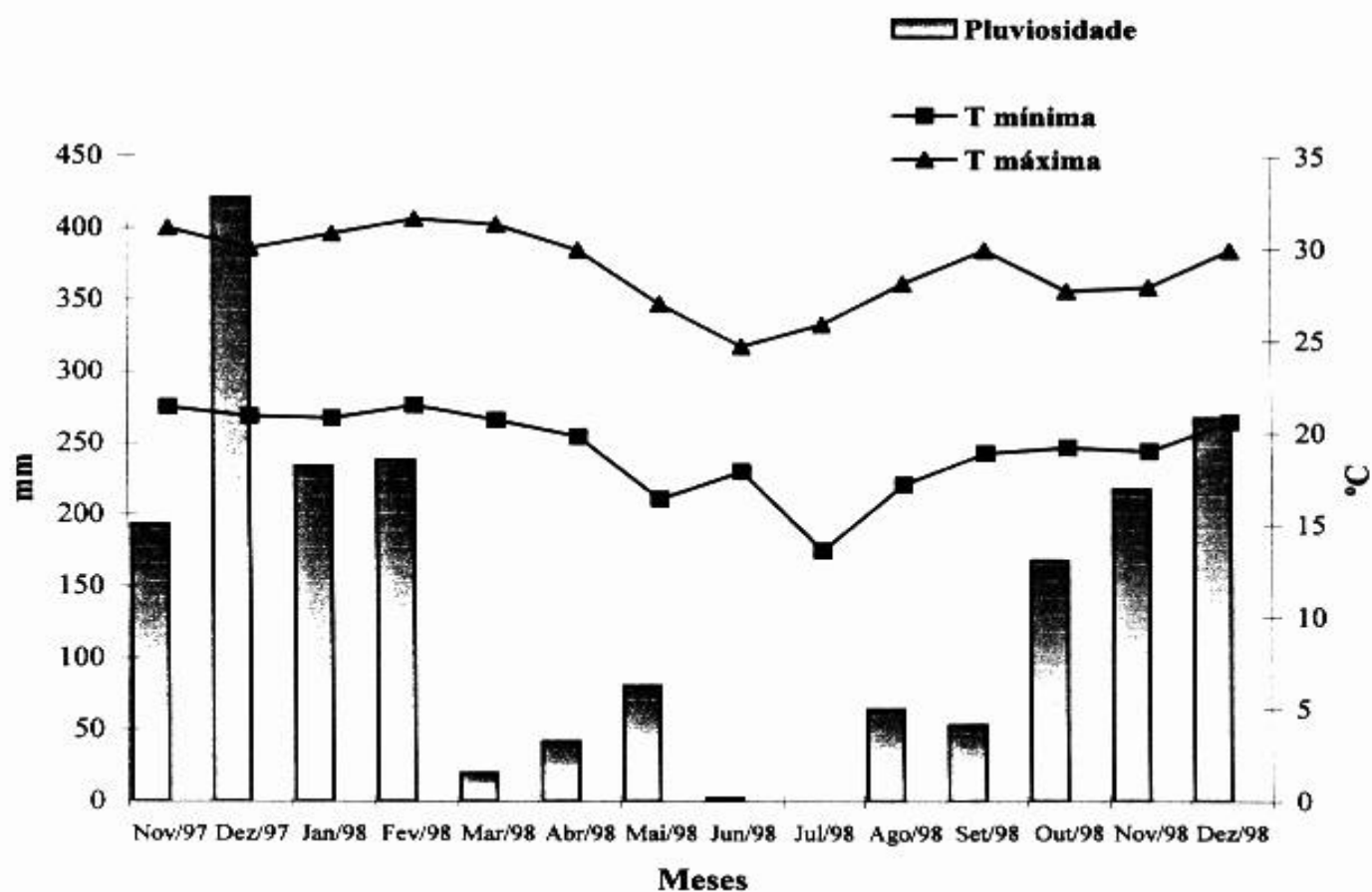


FIGURA 11: Temperatura (°C) máxima e mínima do ar e pluviosidade (mm) na região da Pampulha em Belo Horizonte/MG, durante o período de novembro de 1997 a dezembro 1998.

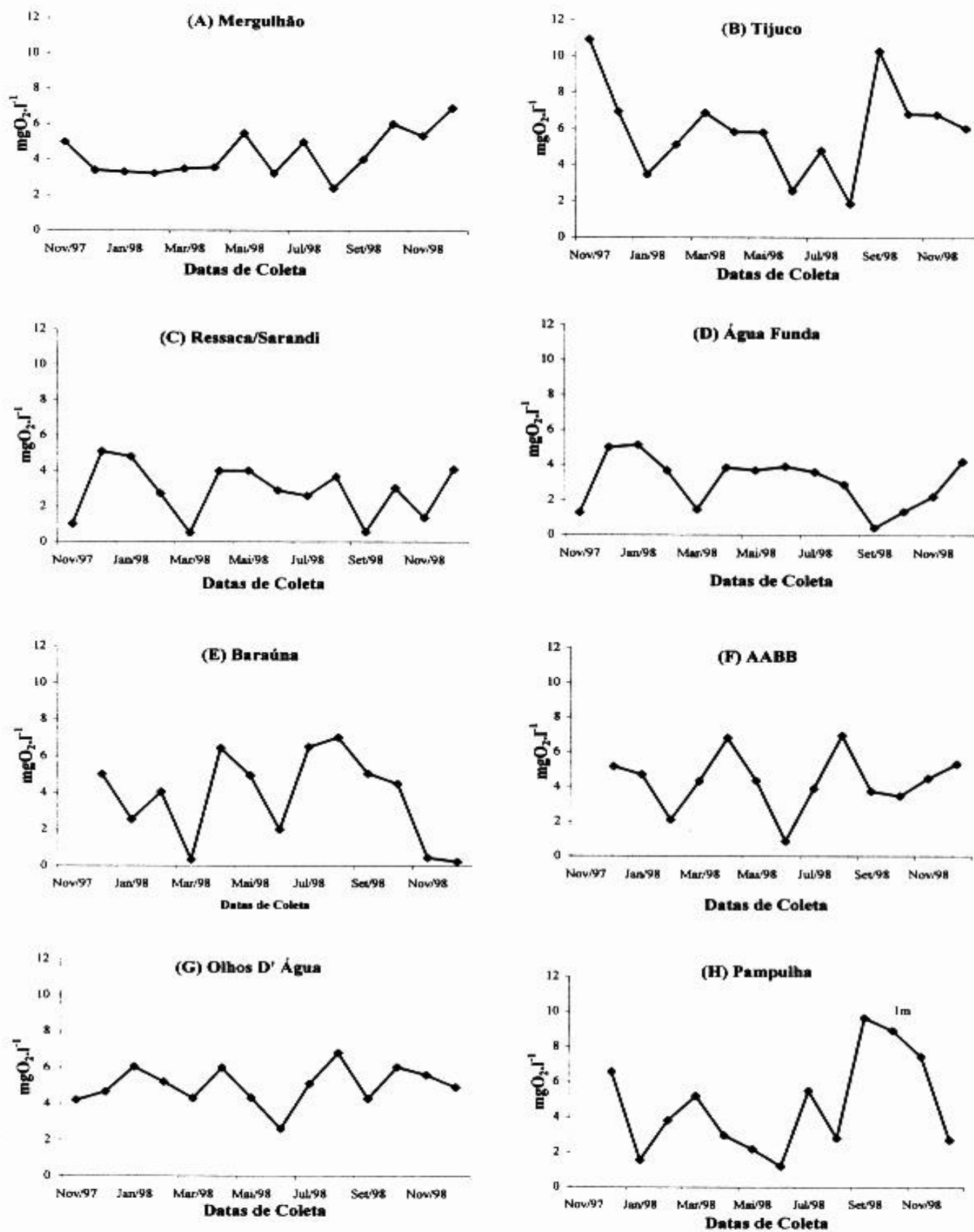


FIGURA 12: Concentração do oxigênio dissolvido ($\text{mgO}_2 \cdot \text{l}^{-1}$) nos córregos (A) Mergulhão, (B) Tijuco, (C) Ressaca/Sarandi, (D) Água Funda, (E) Baraúna, (F) AABB, (G) Olhos D' Água e na (H) represa da Pampulha (1m profundidade), de novembro/97 a dezembro/98, em Belo Horizonte/MG.

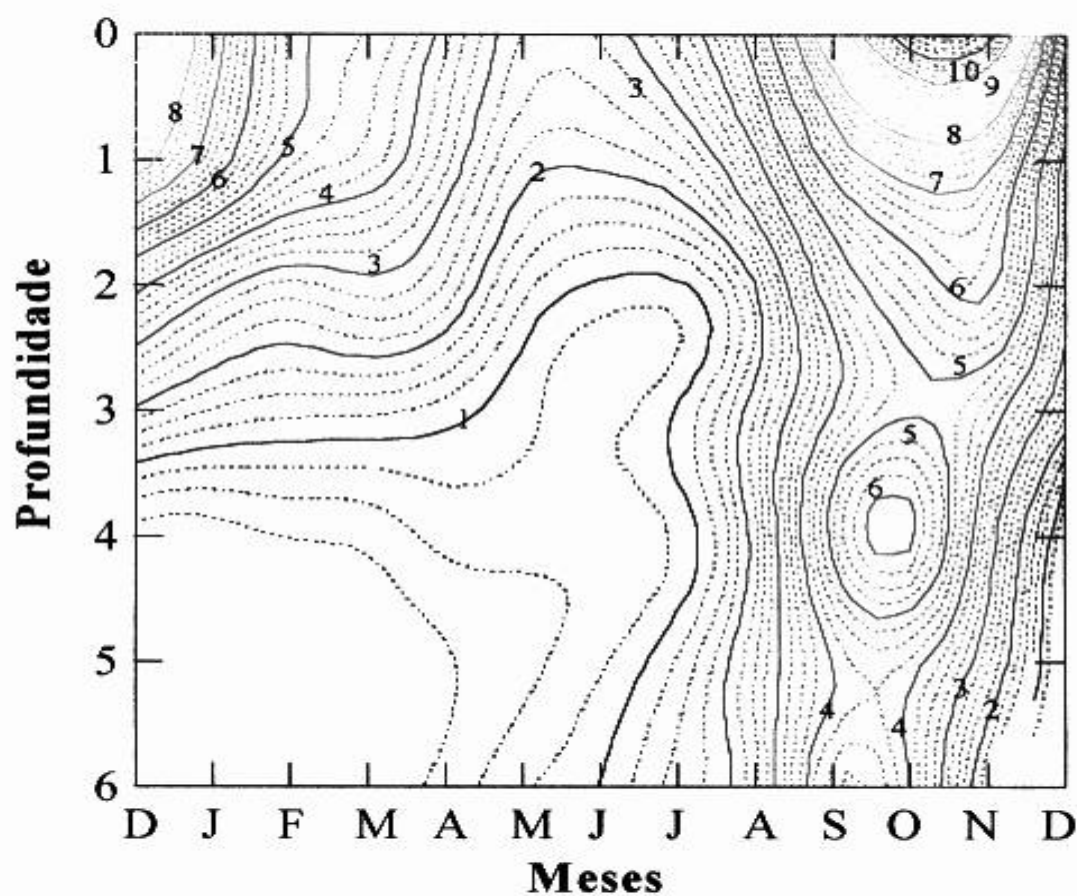


FIGURA 13: Isolinhas da distribuição da concentração de oxigênio dissolvido ($\text{mgO}_2.\text{l}^{-1}$) em diversas profundidades da coluna-d'água da represa da Pampulha, de dezembro/97 a dezembro/98, em Belo Horizonte/MG.

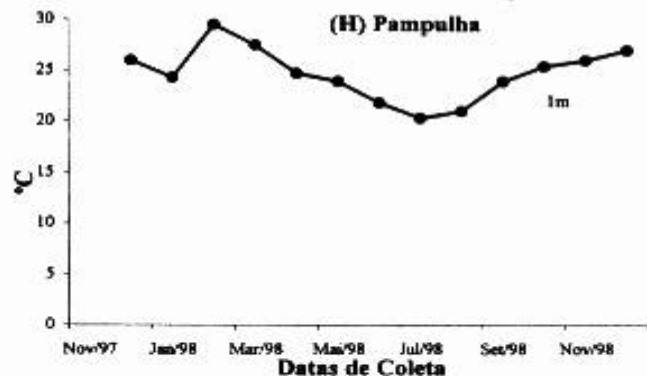
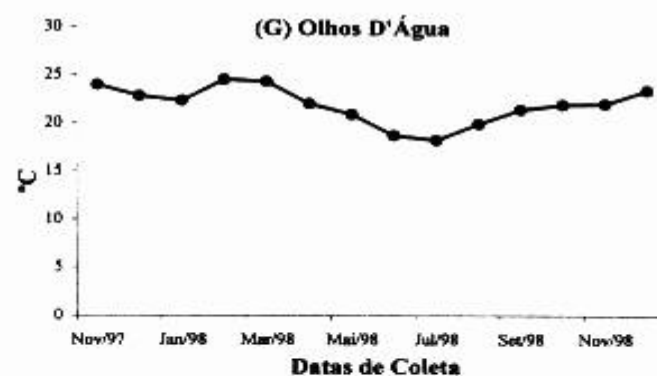
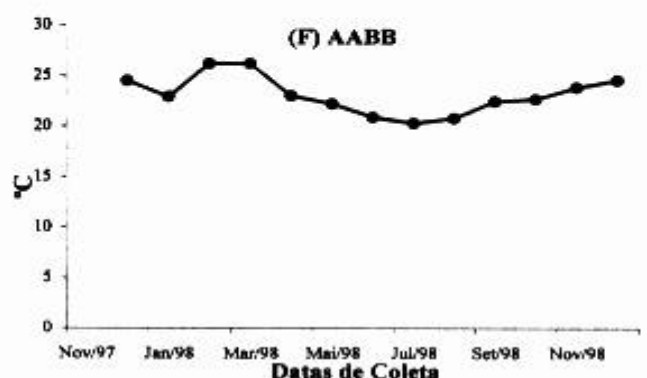
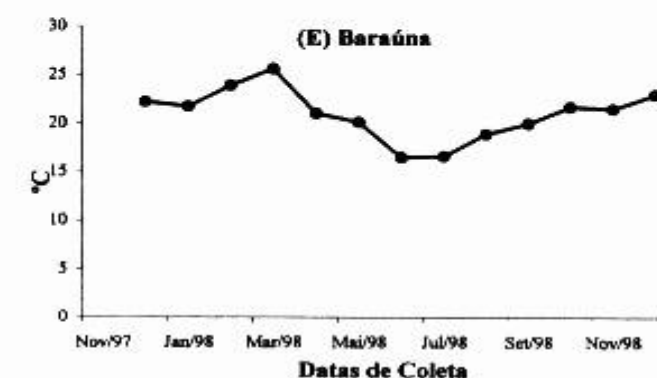
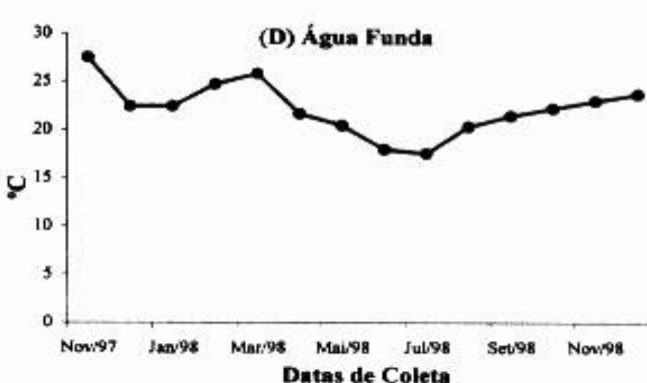
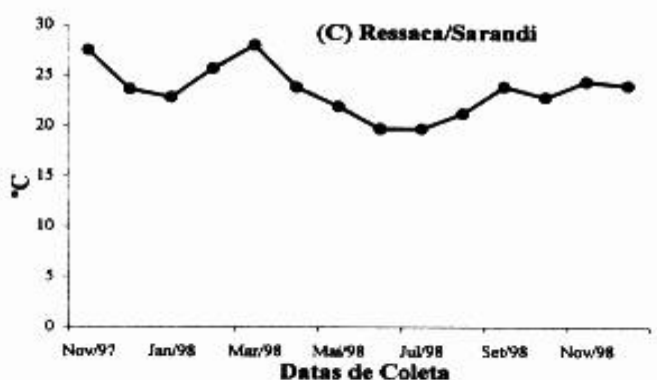
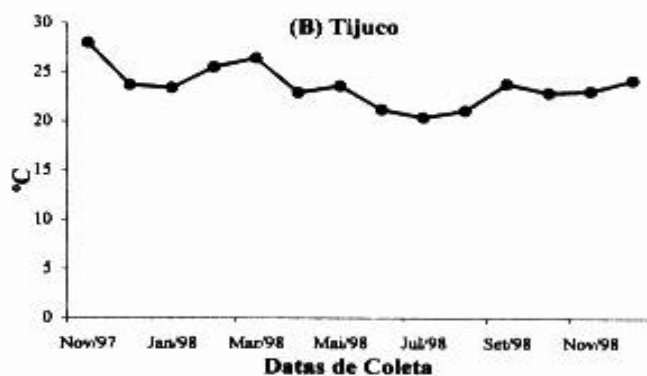
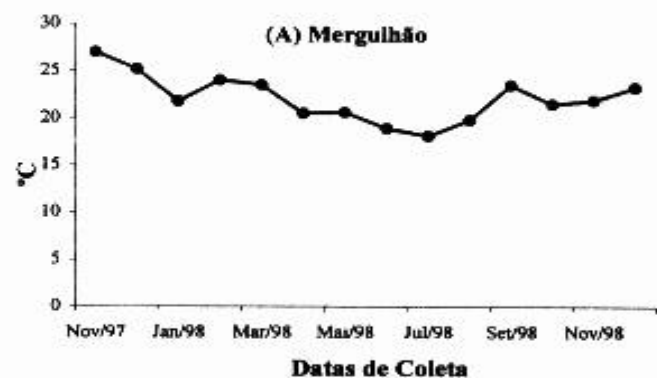


FIGURA 14: Temperatura (°C) da água, nos córregos (A) Mergulhão, (B) Tijuco, (C) Ressaca/Sarandi, (D) Água Funda, (E) Baraúna, (F) AABB, (G) Olhos D'Água e na (H) represa da Pampulha (1m profundidade), de novembro/97 a dezembro/98, em Belo Horizonte/MG.

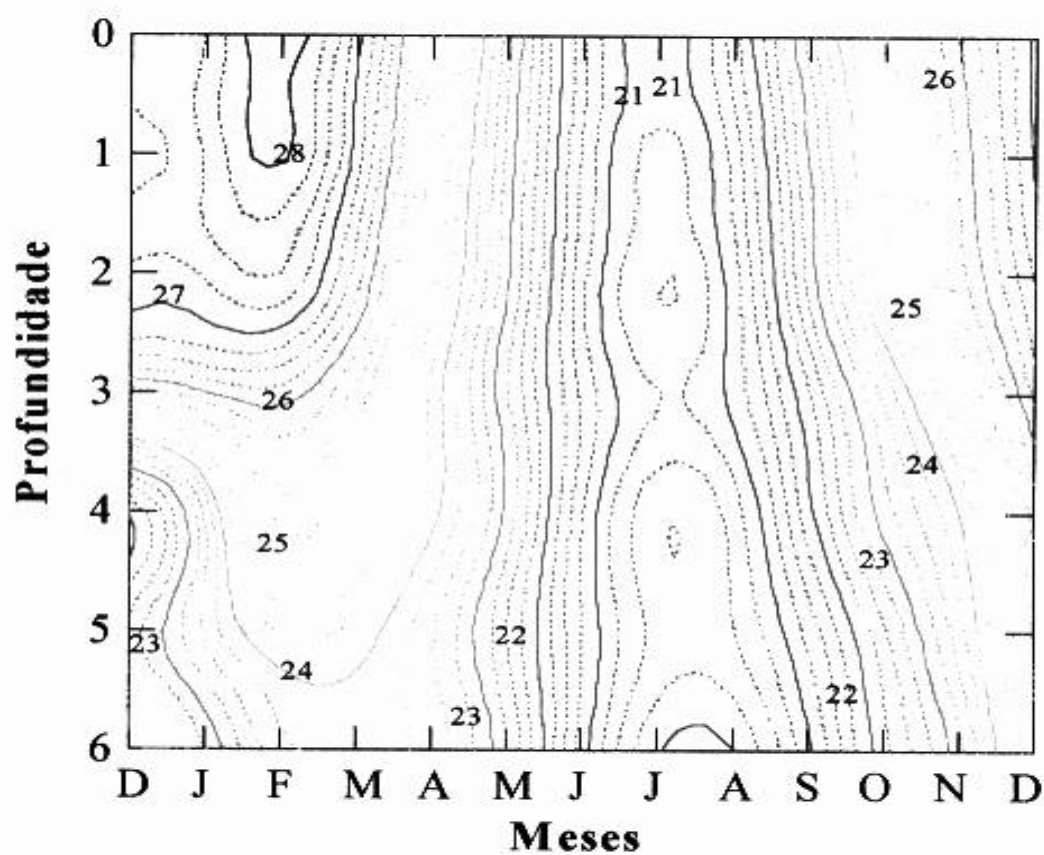


FIGURA 15: Isotermas em diversas profundidades da coluna-d'água da represa da Pampulha, de dezembro/97 a dezembro/98, em Belo Horizonte/MG.

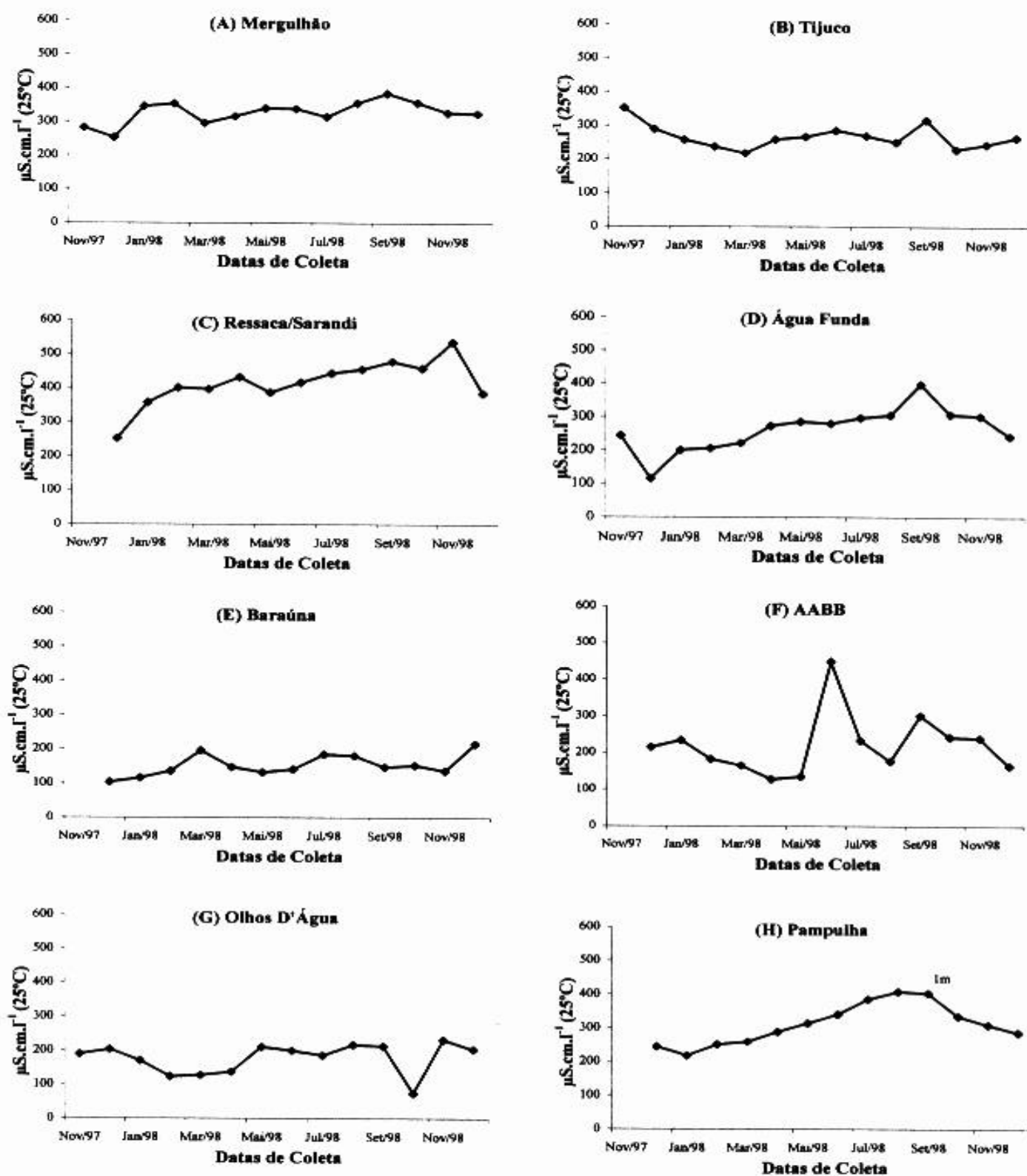


FIGURA 6: Valores da condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm.l}^{-1}$ a 25°C), nos córregos (A) Mergulhão, (B) Tijuco, (C) Ressaca/Sarandi, (D) Água Funda, (E) Baraúna, (F) AABB, (G) Olhos D'Água e na (H) represa da Pampulha (1m profundidade), de novembro/97 a dezembro/98, em Belo Horizonte/MG.

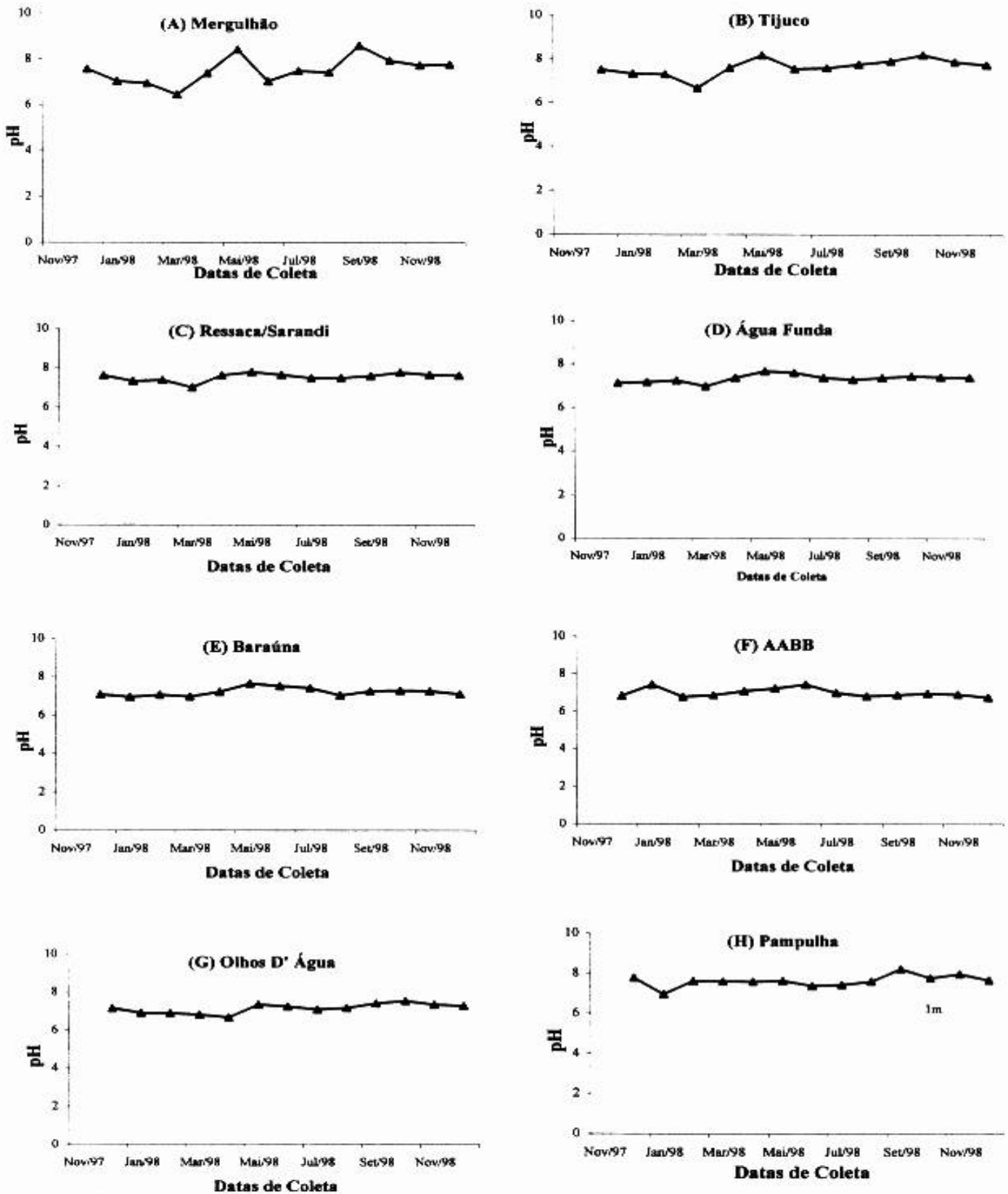


FIGURA 17: Valores de pH nos córregos (A) Mergulhão, (B) Tijuco, (C) Ressaca/Sarandi, (D) Água Funda, (E) Baraúna, (F) AABB, (G) Olhos D' Água e na (H) represa da Pampulha (1m profundidade), de novembro/97 a dezembro/98, em Belo Horizonte/MG.

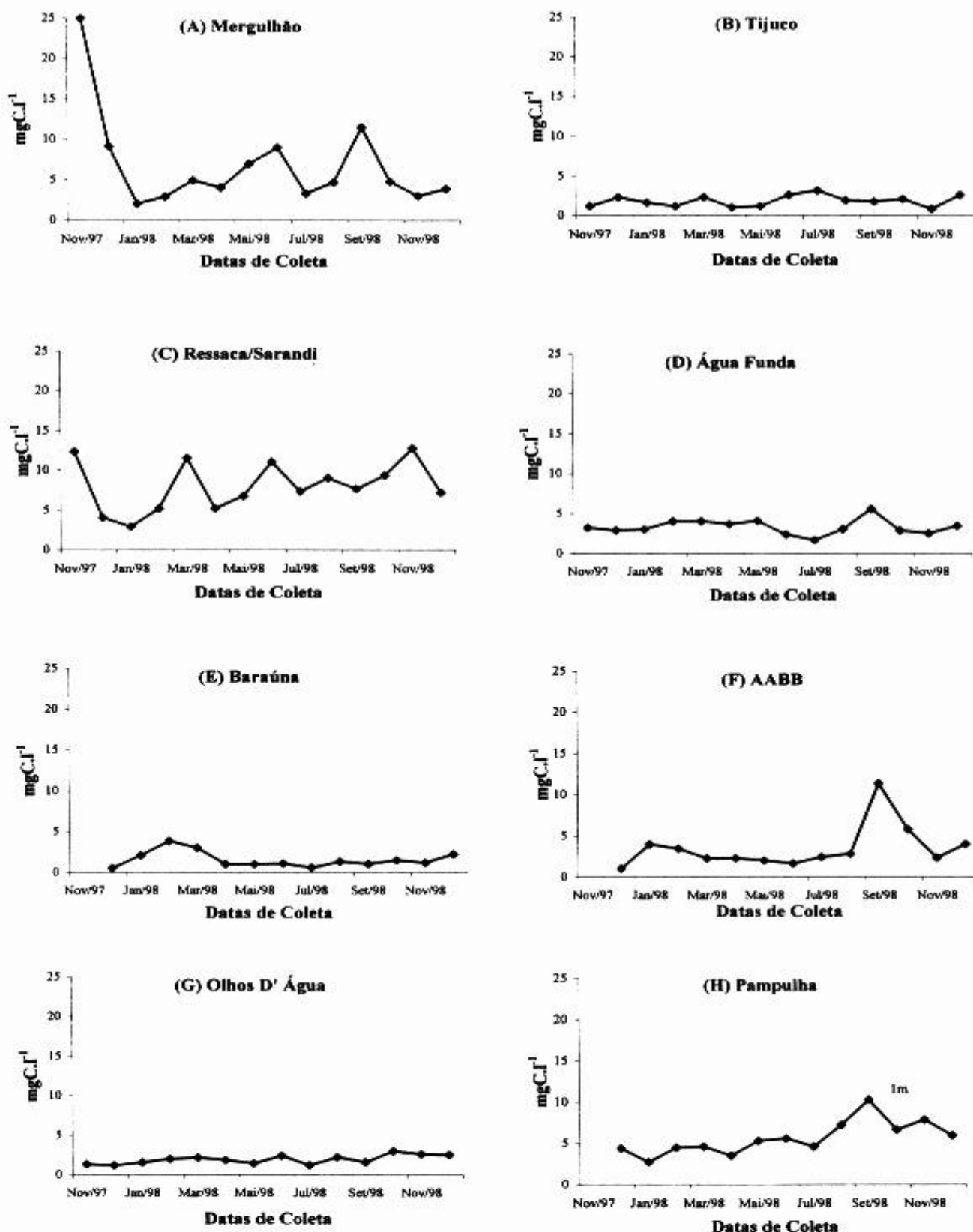


FIGURA 18: Concentração do carbono orgânico particulado (mgC.l^{-1}), nos córregos (A) Mergulhão, (B) Tijuco, (C) ressaca/Sarandi, (D) Água Funda, (E) Baraúna, (F) AABB, (G) Olhos D' Água e na (H) represa da Pampulha (1m profundidade), de novembro/97 a dezembro/98, Belo Horizonte/MG.

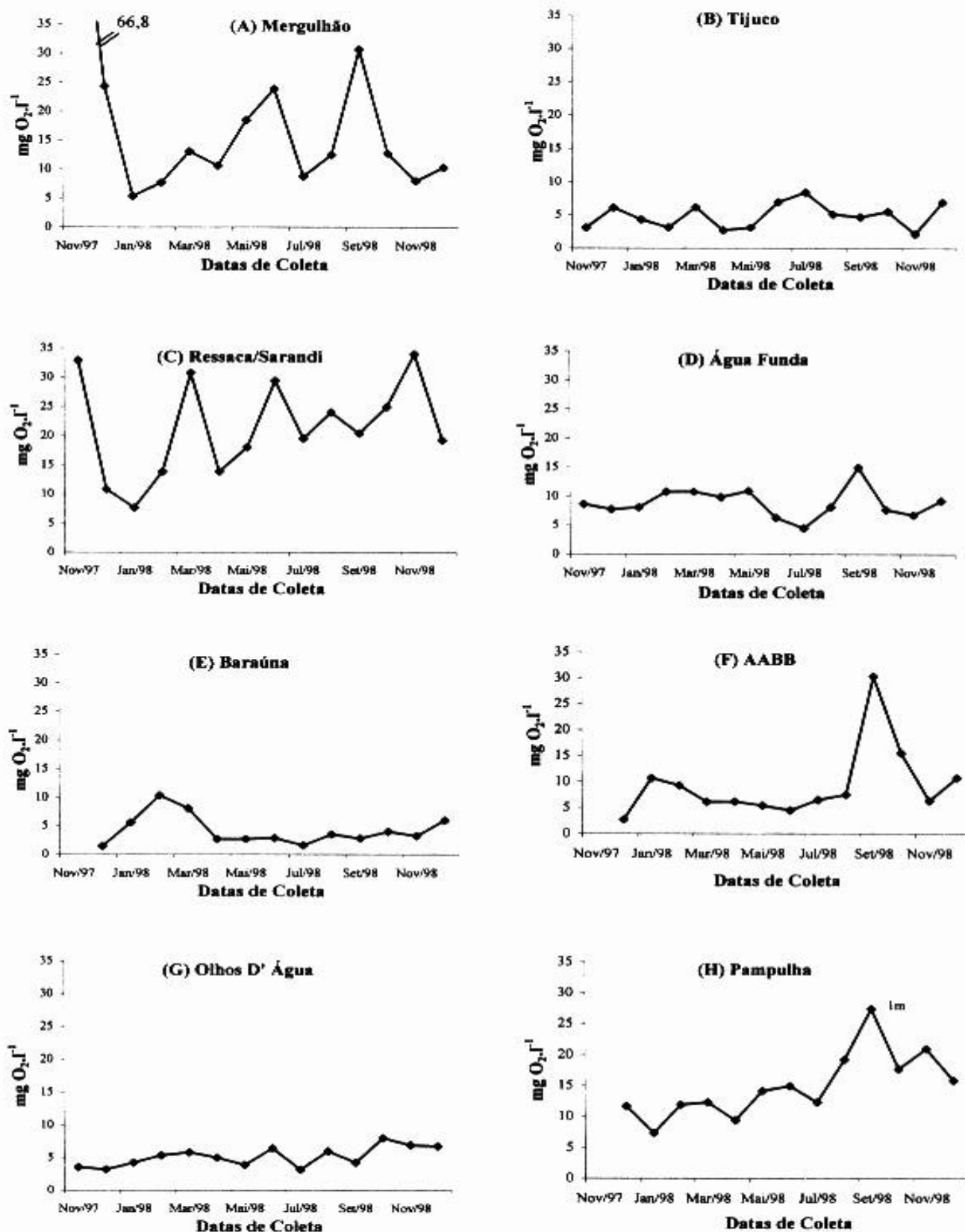


FIGURA 19: Concentração da demanda química de oxigênio (mgO₂.l⁻¹), nos córregos (A) Mergulhão, (B) Tijuco, (C) Ressaca/Sarandi, (D) Água Funda, (E) Baraúna, (F) AABB, (G) Olhos D' Água e na (H) represa da Pampulha (1m profundidade), de novembro/97 a dezembro/98, Belo Horizonte/ MG.

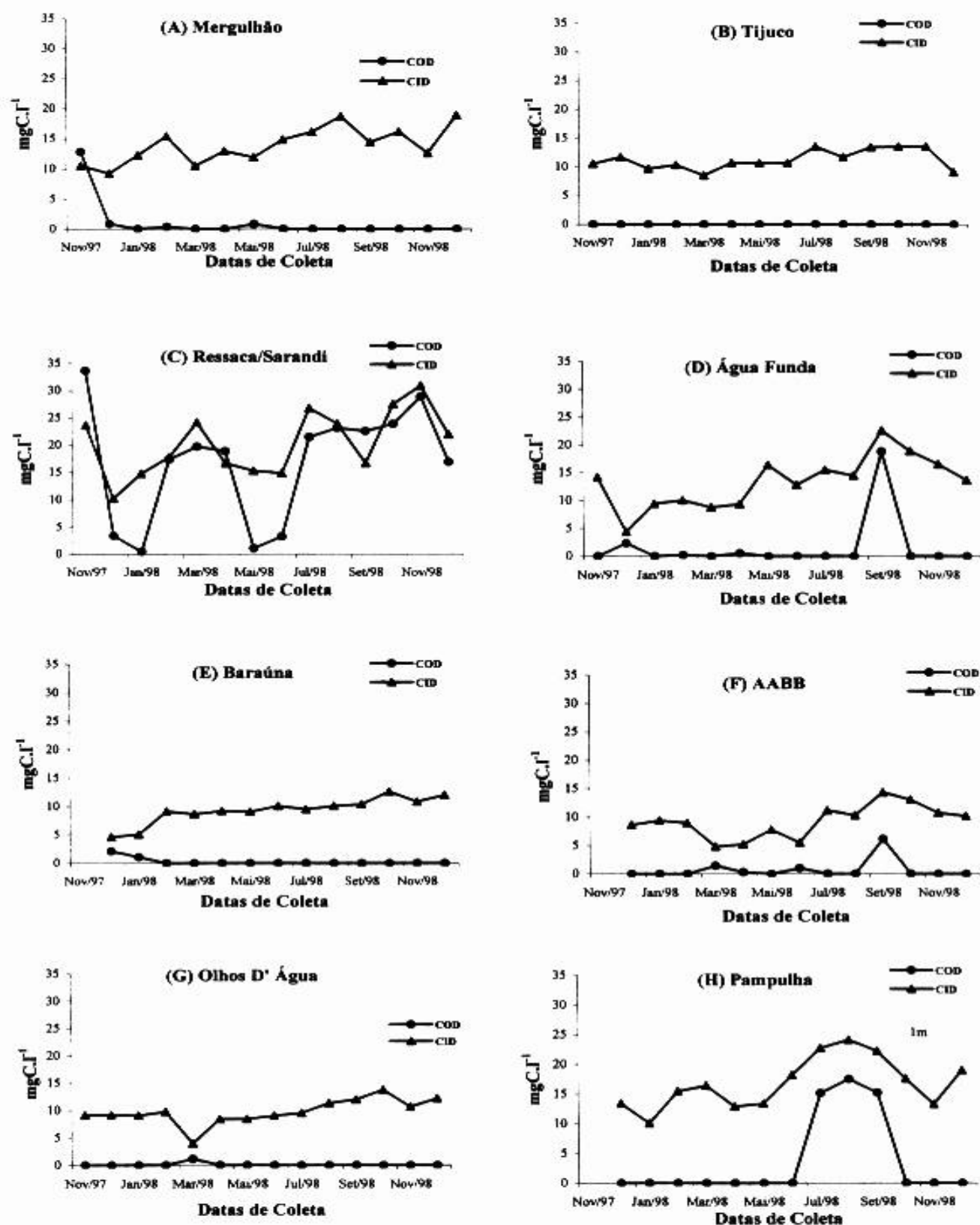


FIGURA 20: Concentração do carbono orgânico (COD) e inorgânico (CID) dissolvido (mgC.l^{-1}), nos córregos (A) Mergulhão, (B) Tijuco, (C) Ressaca/Sarandi, (D) Água Funda, (E) Baraúna, (F) AABB, (G) Olhos D' Água e na (H) represa da Pampulha (1m profundidade), de novembro/97 a dezembro/98, Belo Horizonte/MG.

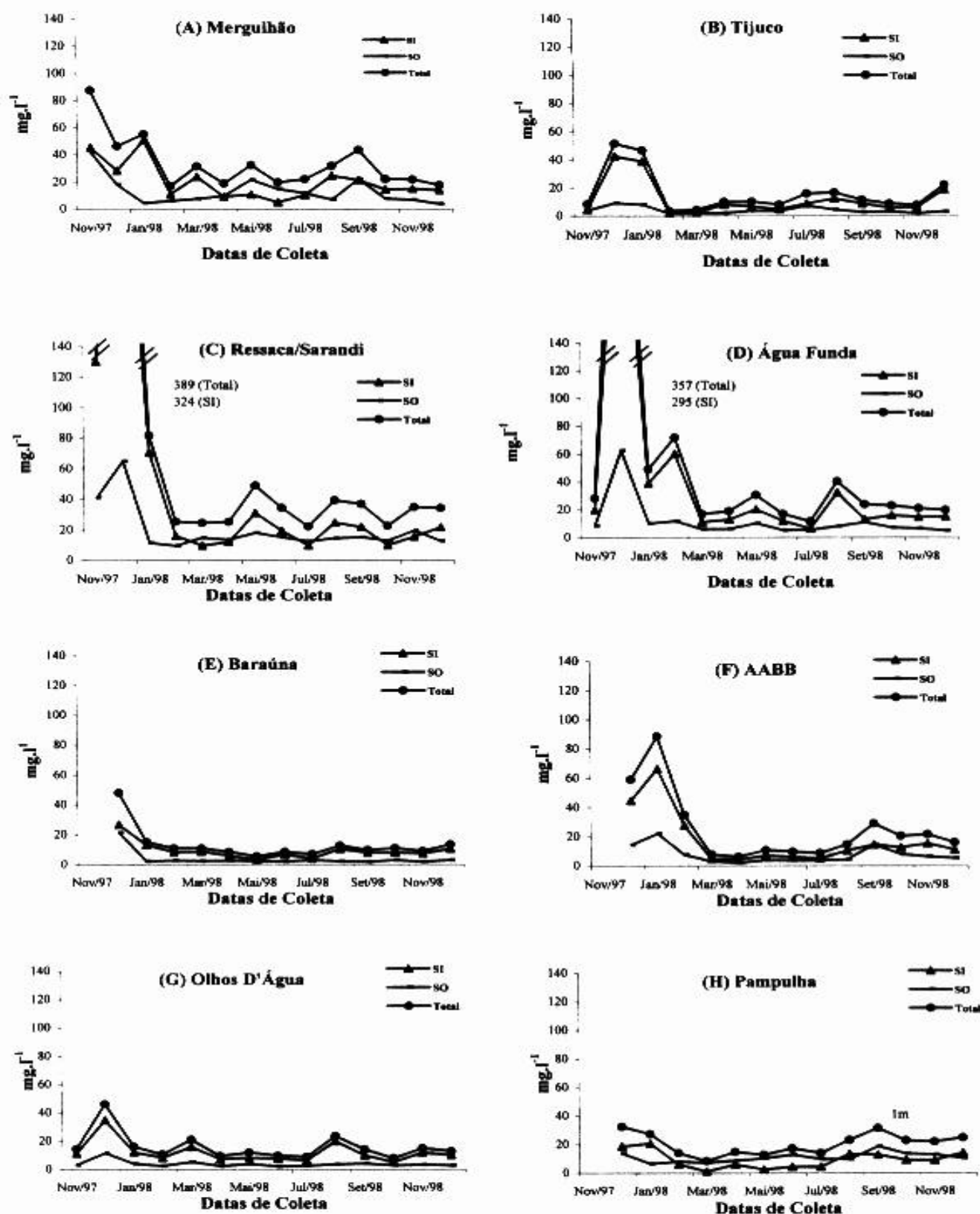


FIGURA 21: Concentração de sólidos inorgânicos (SI), orgânicos (SO) e totais em suspensão (mg.l^{-1}), nos córregos (A) Mergulhão, (B) Tijuco, (C) Ressaca/Sarandi, (D) Água Funda, (E) Baraúna, (F) AABB, (G) Olhos D'Água e na (H) represa da Pampulha (1m profundidade) de novembro/97 a dezembro/98, Belo Horizonte/MG.

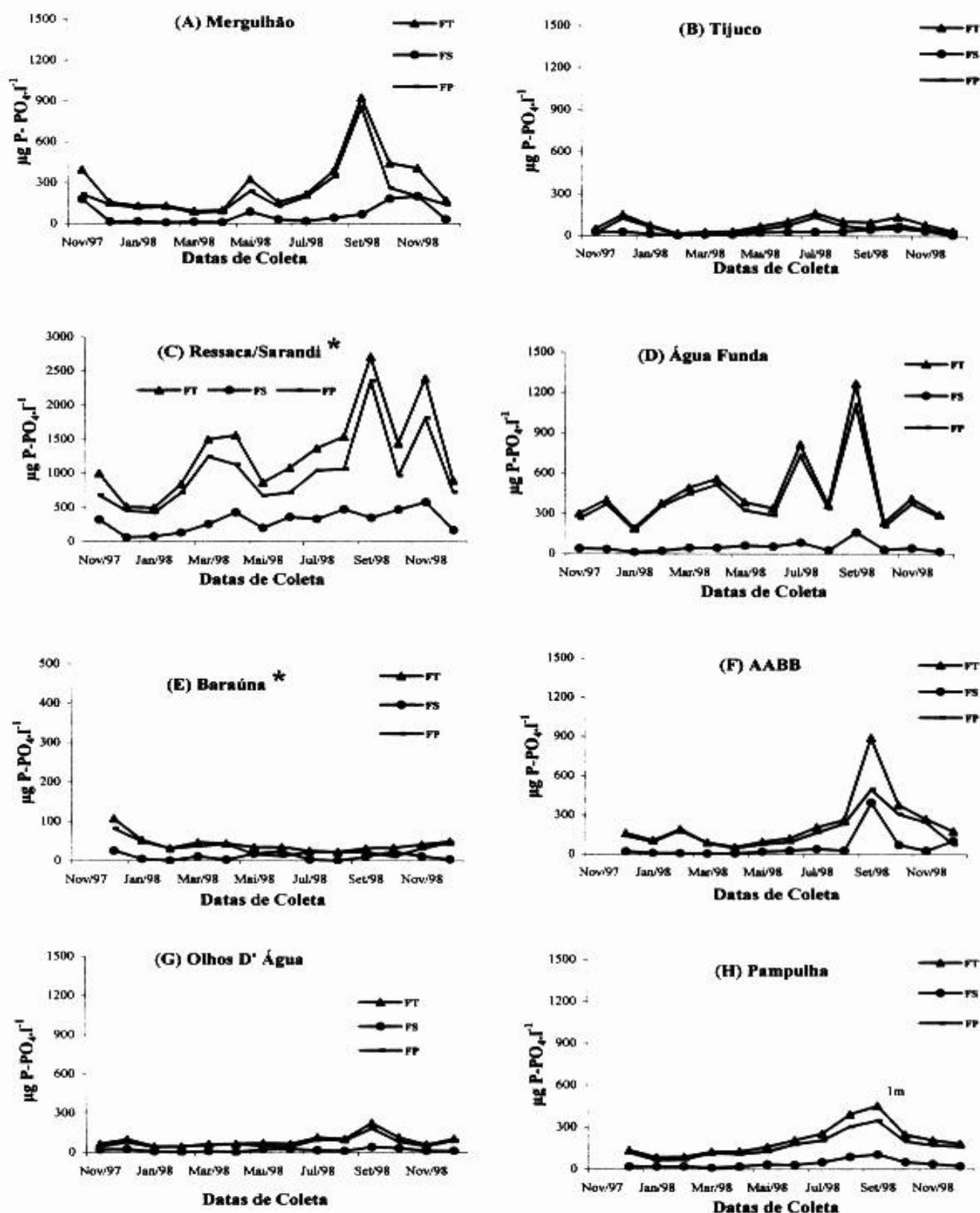


FIGURA 22: Concentrações de fósforo total (FT), solúvel (FS) e particulado (FP) ($\mu\text{g P-PO}_4\text{L}^{-1}$), nos córregos (A) Mergulhão, (B) Tijuco, (C) Ressaca/Sarandi, (D) Água Funda, (E) Baraúna, (F) AABB e (G) Olhos D'Água e na (H) represa da Pampulha (1m profundidade), de novembro/97 a dezembro/98, Belo Horizonte/MG. *Os gráficos C e E possuem escalas diferentes dos demais.

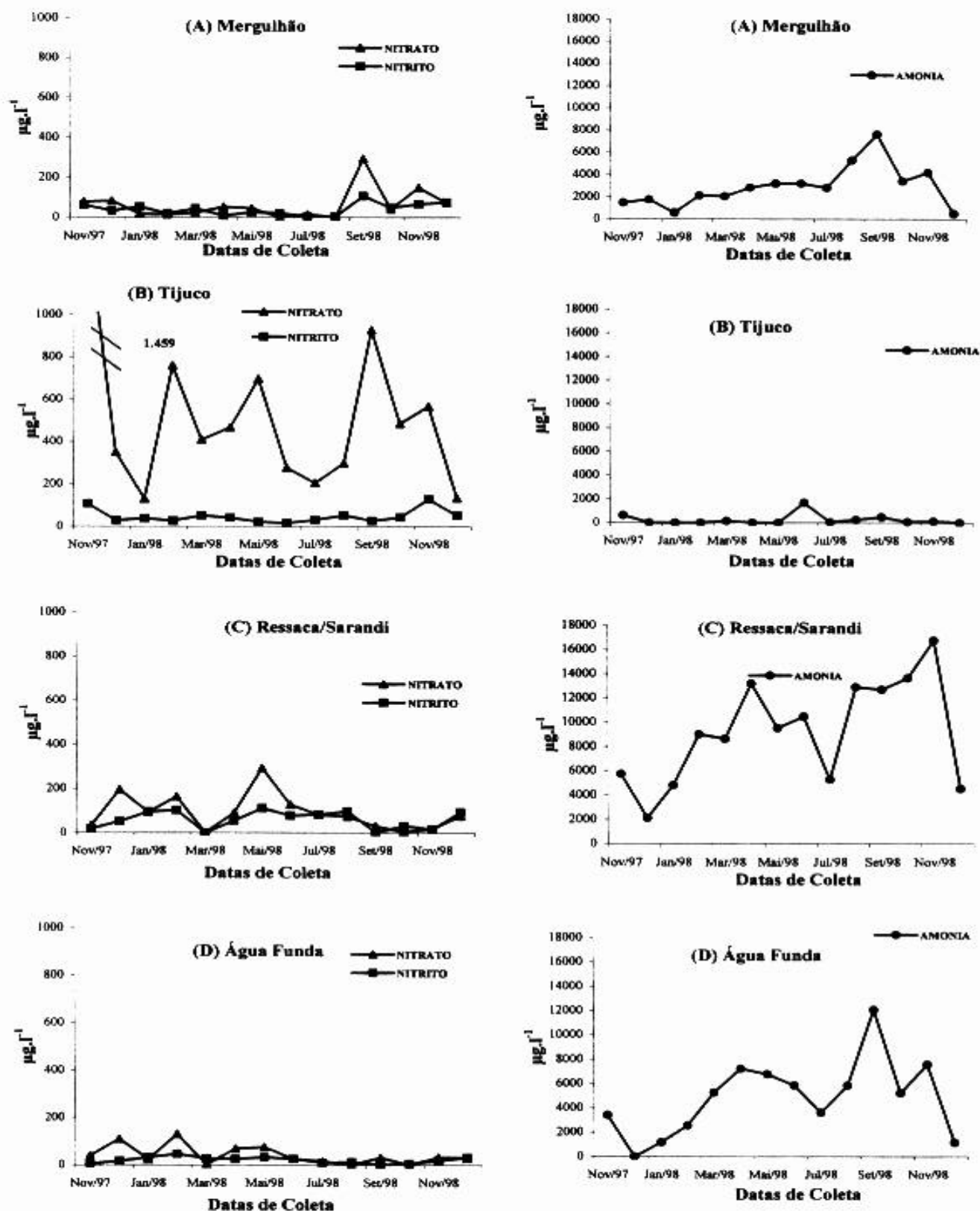


FIGURA 23: Concentrações de nitrato, nitrito e amônia ($\mu\text{g.l}^{-1}$), nos córregos (A) Mergulhão, (B) Tijuco, (C) Ressaca/Sarandi, (D) Água Funda, de novembro/97 a dezembro/98, Belo Horizonte/MG.

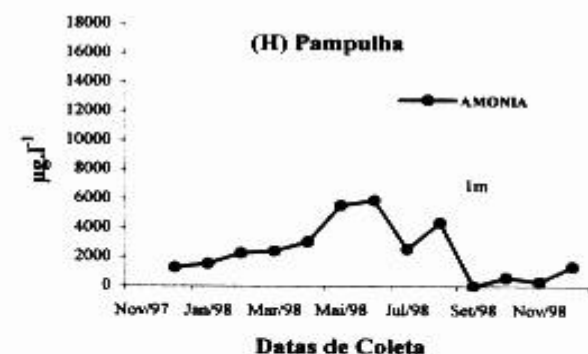
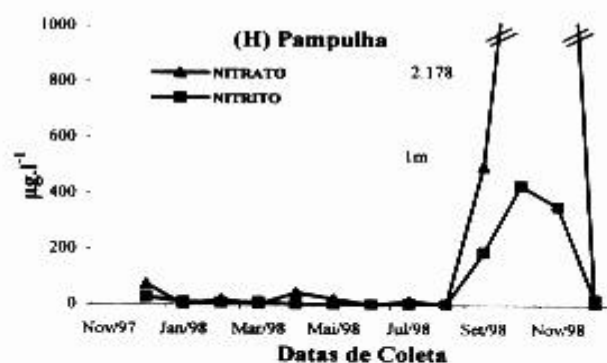
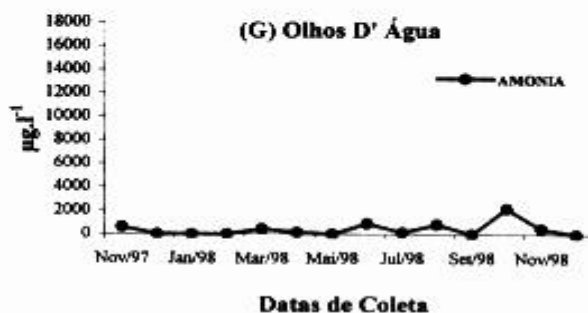
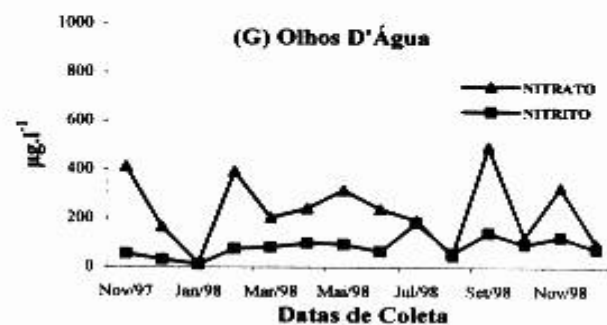
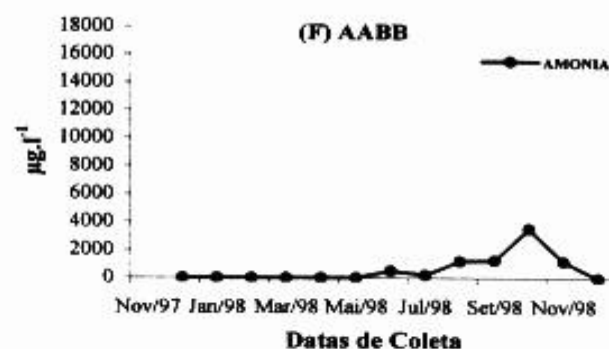
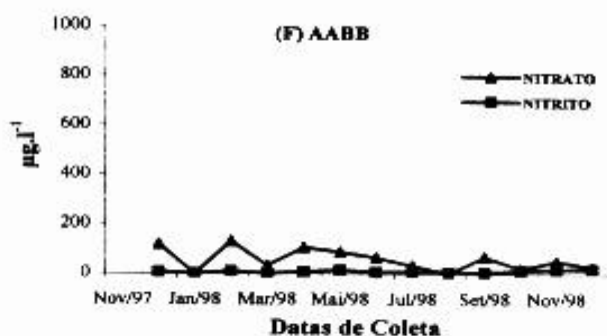
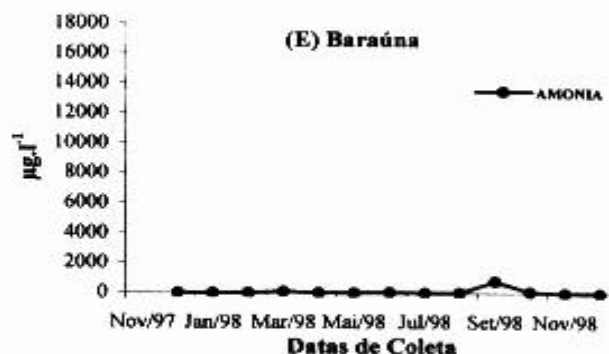
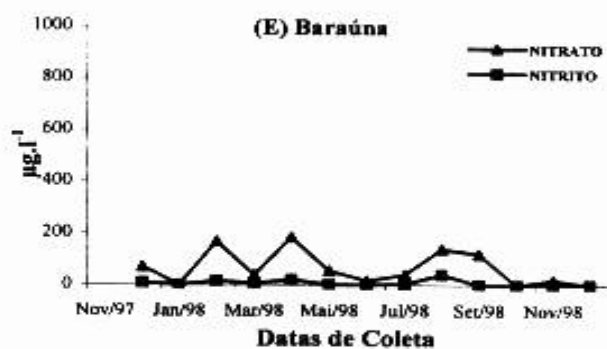


FIGURA 24: Concentrações de nitrato, nitrito e amônia ($\mu\text{g.l}^{-1}$), nos córregos (E) Baraúna, (F) AABB e (G) Olhos D'Água e na (H) represa da Pampulha (1m profundidade), de novembro/97 a dezembro/98, Belo Horizonte/MG.

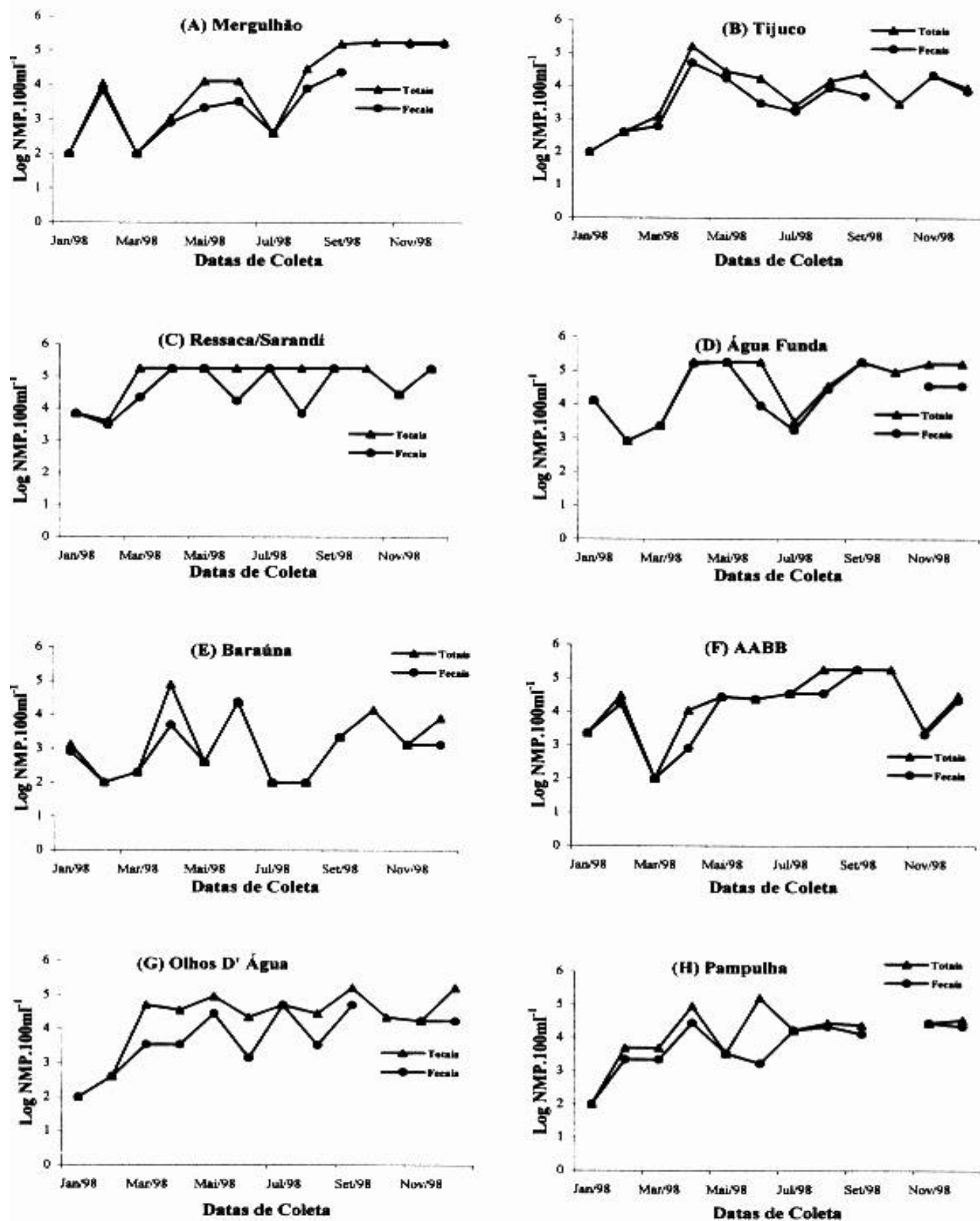


FIGURA 15: Logarítmo da densidade de coliformes totais e fecais (NMP.100ml⁻¹), nos córregos (A) Mergulhão, (B) Tijuco, (C) Ressaca/Sarandi, (D) Água Funda, (E) Baraúna, (F) AABB e (G) Olhos D' Água e na (H) represa da Pampulha, de janeiro/98 a dezembro/98, Belo Horizonte/MG.

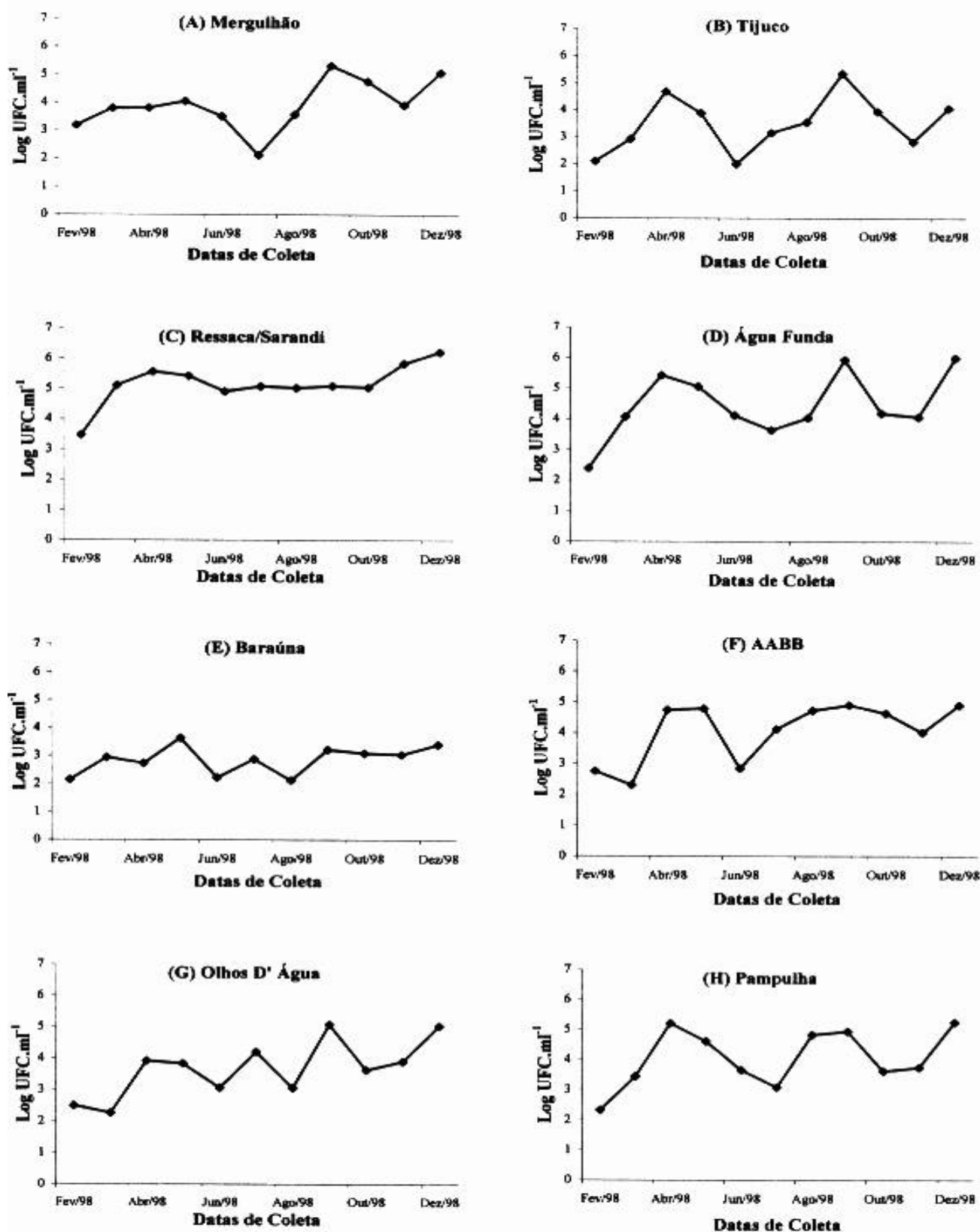


FIGURA 26: Logarítmo da densidade de bactérias heterotróficas (UFC.ml⁻¹), nos córregos (A) Mergulhão, (B) Tijuco, (C) Ressaca/Sarandi, (D) Água Funda, (E) Baraúna, (F) AABB e (G) Olhos D' Água e na (H) represa da Pampulha, de fevereiro/98 a dezembro/98, Belo Horizonte/MG.

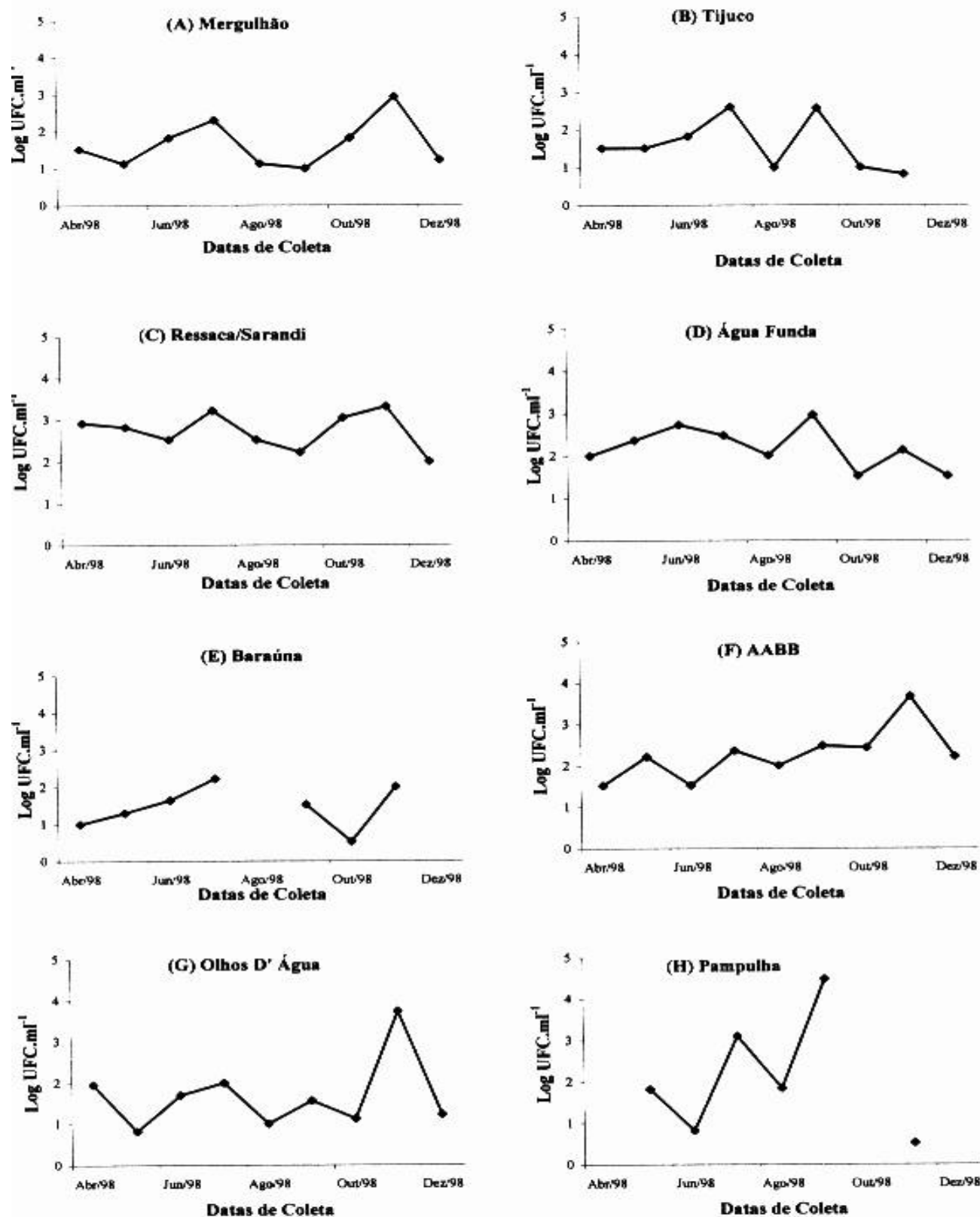


FIGURA 27: Logarítmo da densidade de leveduras (UFC.ml⁻¹), nos córregos (A) Mergulhão, (B) Tijuco, (C) Ressaca/Sarandi, (D) Água Funda, (E) Baraúna, (F) AABB e (G) Olhos D' Água e na (H) represa da Pampulha, de abril/98 a dezembro/98, Belo Horizonte/MG.

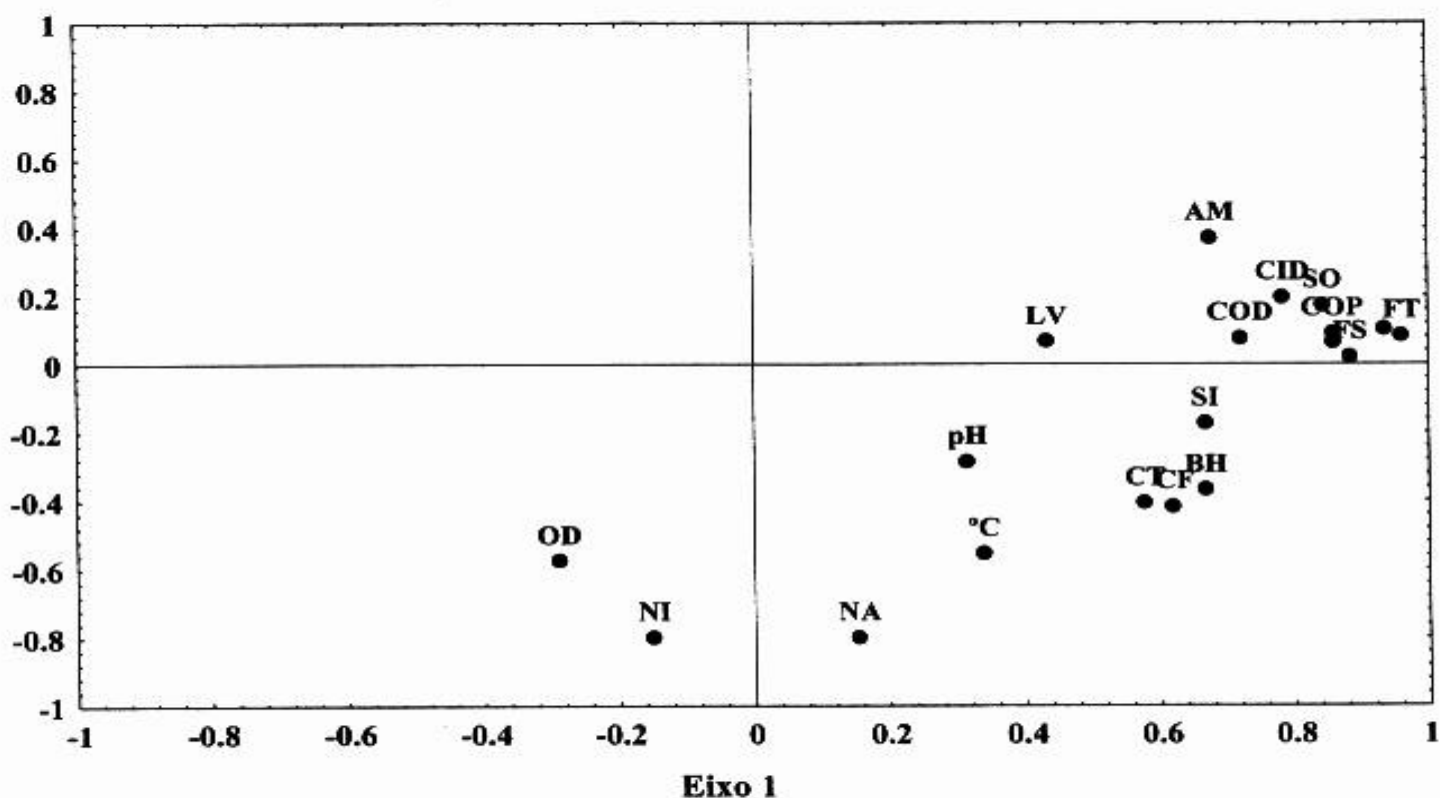


FIGURA 28: Análise de Componentes Principais de todos o parâmetros medidos de novembro/97 a dezembro/98 na represa da Pampulha e em seus tributários.

LEGENDA:

AM: Amônia

BH: Bactéria Heterotrófica

°C: Temperatura da Água

CE: Condutividade Elétrica

CT: Coliformes Totais

CF: Coliformes Fecais

COD: Carbono Orgânico Dissolvido

CID: Carbono Inorgânico Dissolvido

COP: Carbono Orgânico Particulado

FT: Fósforo Total

FS: Fósforo Solúvel

FP: Fósforo Particulado

OD: Oxigênio Dissolvido

pH: pH

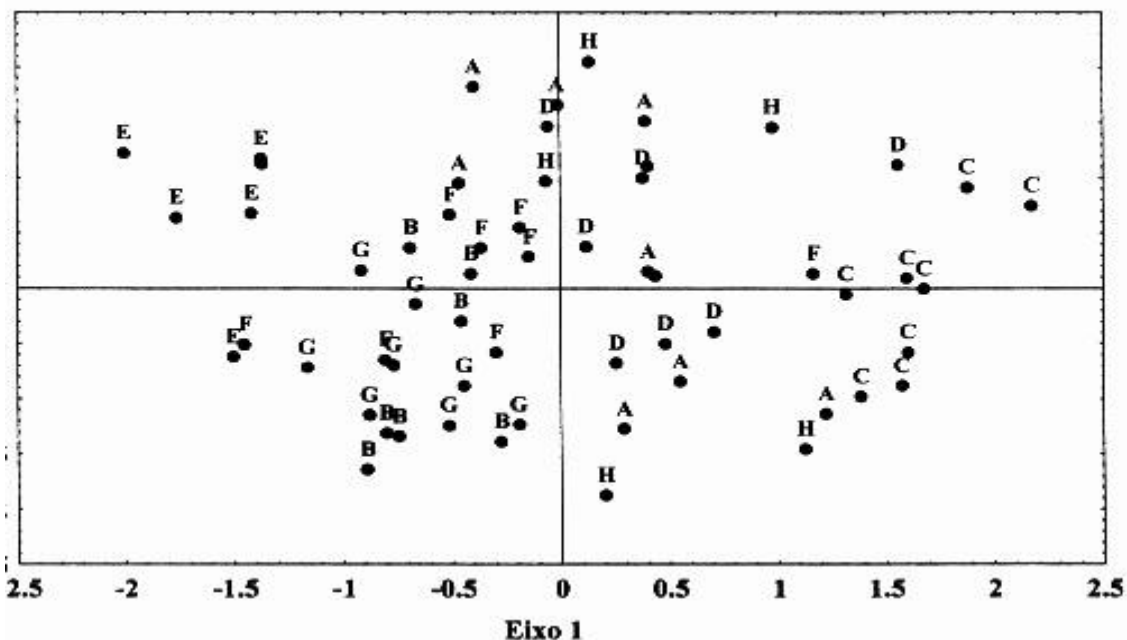
LV: Levedura

NA: Nitrato

NI: Nitrito

SI: Sólidos Inorgânicos em Suspensão

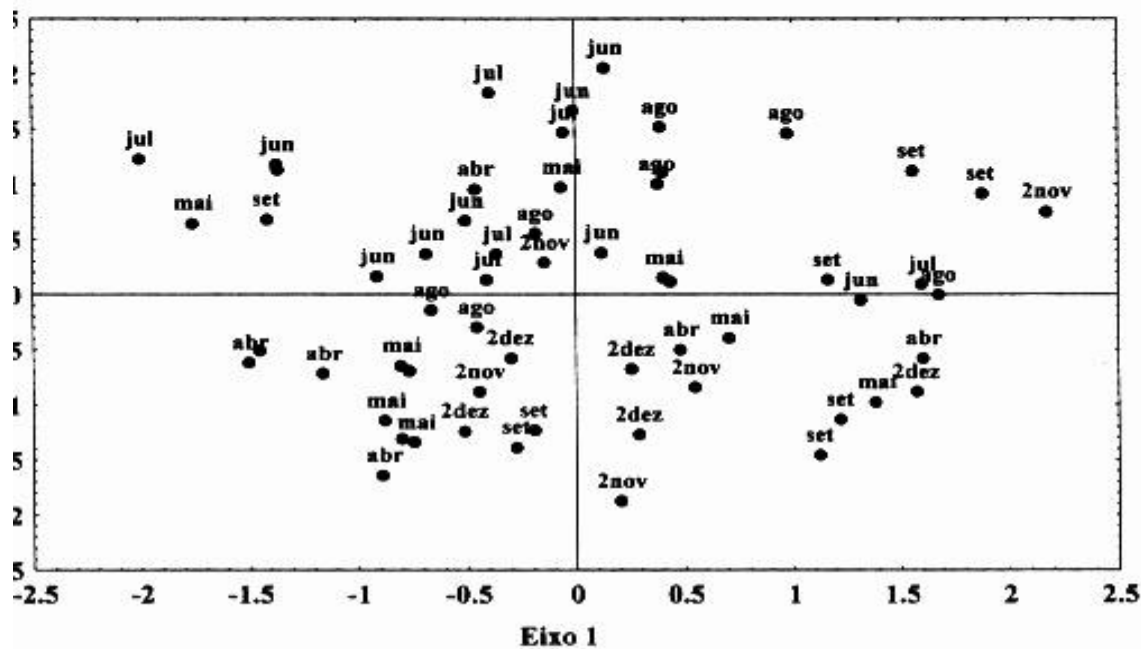
SO: Sólidos Orgânicos em Suspensão



LEGENDA:

- A: Córrego Mergulhão
- B: Córrego Tijuco
- C: Córrego Ressaca/Sarar
- D: Córrego Água Funda
- E: Córrego Baraúna
- F: Córrego AABB
- G: Córrego Olhos D' Água
- H: represa da Pampulha

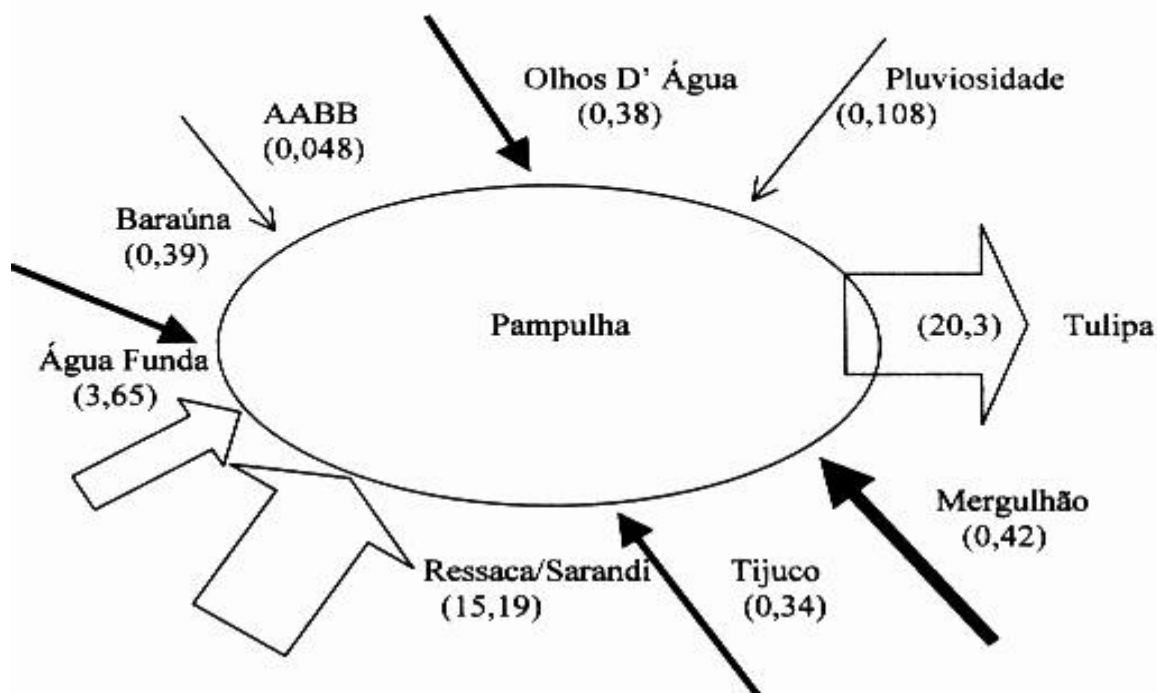
FIGURA 29: Ordenação dos tributários e da represa da Pampulha em relação aos 2 primeiros eixos da análise de PCA, de novembro/97 a dezembro/98.



LEGENDA:

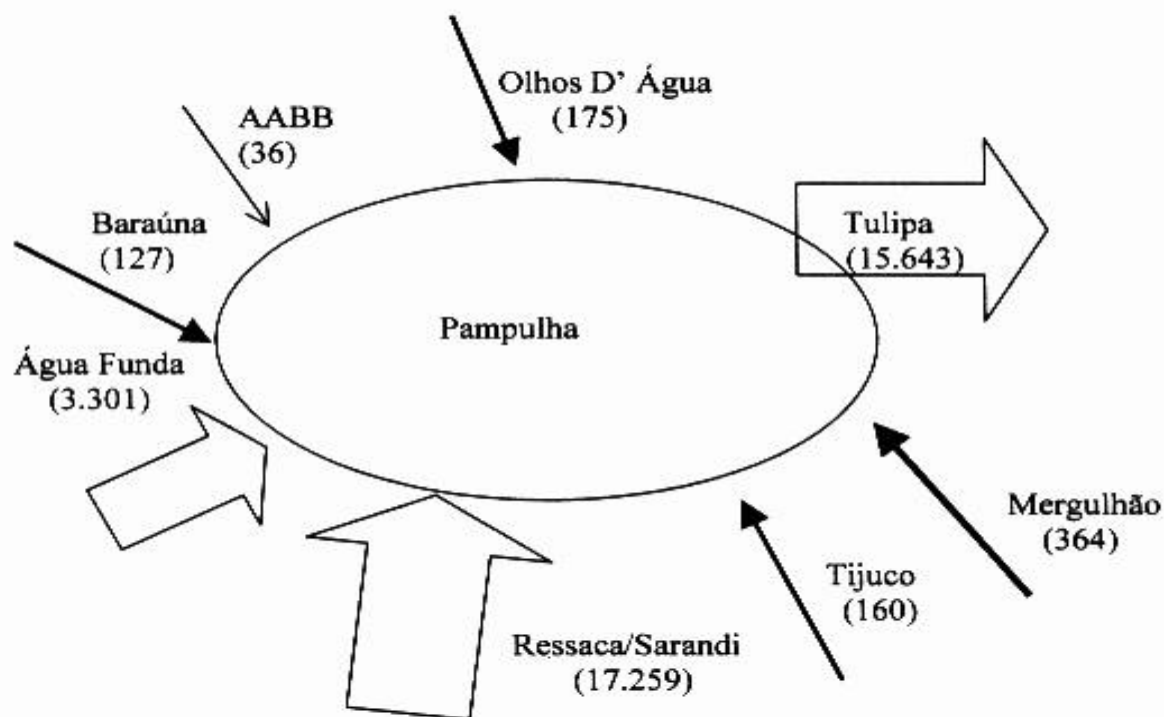
- Datas de Coleta
- nov1: 28/11/97
 - 1dez: 09/12/97
 - jan: 20/01/98
 - fev: 09/02/98
 - mar: 12/03/98
 - abr: 07/04/98
 - mai: 06/05/98
 - jun: 01/06/98
 - jul: 06/07/98
 - ago: 10/08/98
 - set: 09/09/98
 - out: 05/10/98
 - 2nov: 09/11/98
 - 2dez: 09/12/98

FIGURA 30: Ordenação das datas de coleta em relação aos 2 primeiros eixos da análise de PCA, de novembro/97 a dezembro/98.



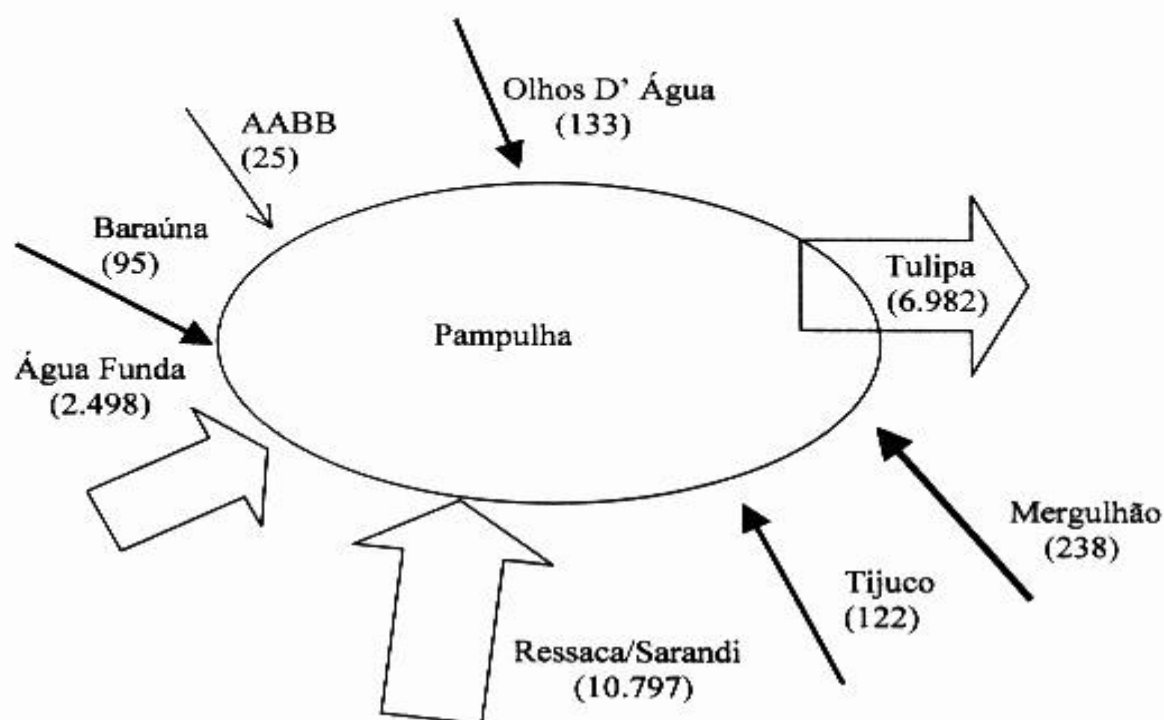
$$\Sigma_{\text{Tributários}} = 20,452 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

FIGURA 31: Desenho esquemático do balanço hídrico (m^3/s) anual da represa da Pampulha, em Belo Horizonte/MG, durante 1998.



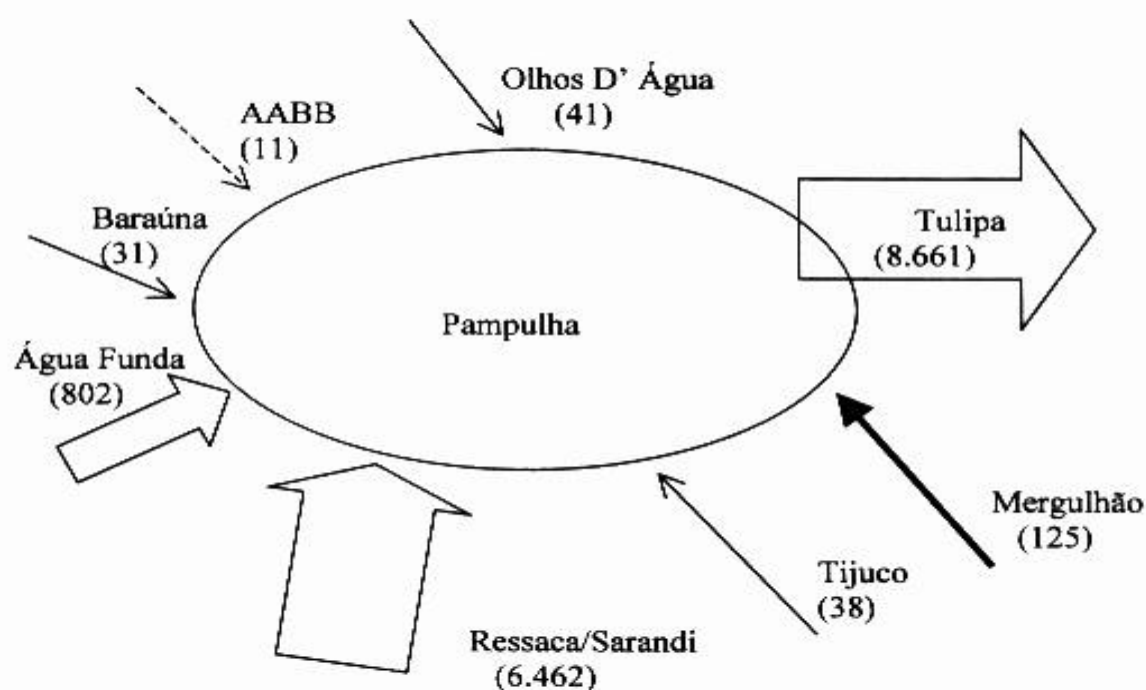
$$\Sigma_{\text{Tributários}} = 21.426 \text{ ton} \cdot \text{ano}^{-1}$$

FIGURA 32 : Desenho esquemático do balanço anual de massa dos sólidos totais em suspensão (ton/ano) na represa da Pampulha, em Belo Horizonte/MG, durante 1998.



$$\Sigma_{\text{Tributários}} = 13.911 \text{ ton.ano}^{-1}$$

FIGURA 33: Desenho esquemático do balanço de massa anual do sólidos inorgânicos em suspensão (ton/ano) na represa da Pampulha, em Belo Horizonte/MG, durante 1998.



$$\Sigma_{\text{Tributários}} = 7.514 \text{ ton.ano}^{-1}$$

FIGURA 34: Desenho esquemático do balanço de massa anual do sólidos orgânicos em suspensão (ton/ano) na represa da Pampulha, em Belo Horizonte/MG, durante 1998.

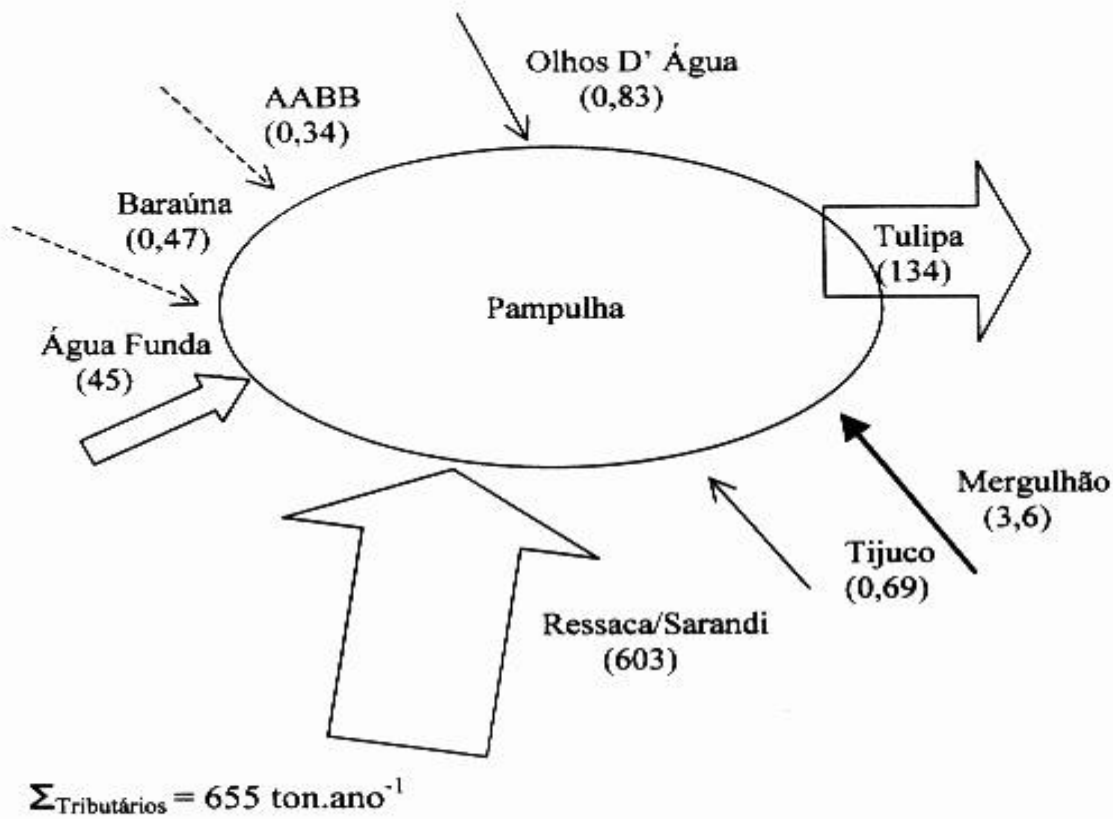


FIGURA 35: Desenho esquemático do balanço de massa anual do fósforo total (ton/ano) na represa da Pampulha, em Belo Horizonte/MG, durante 1998.

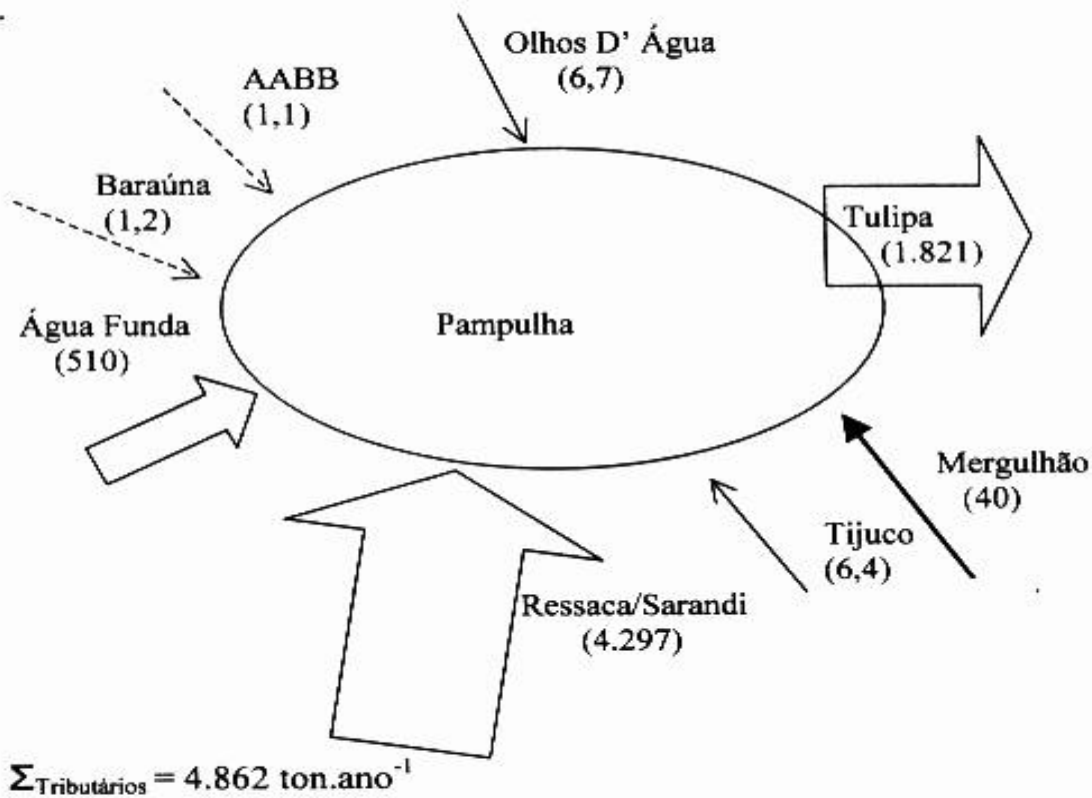
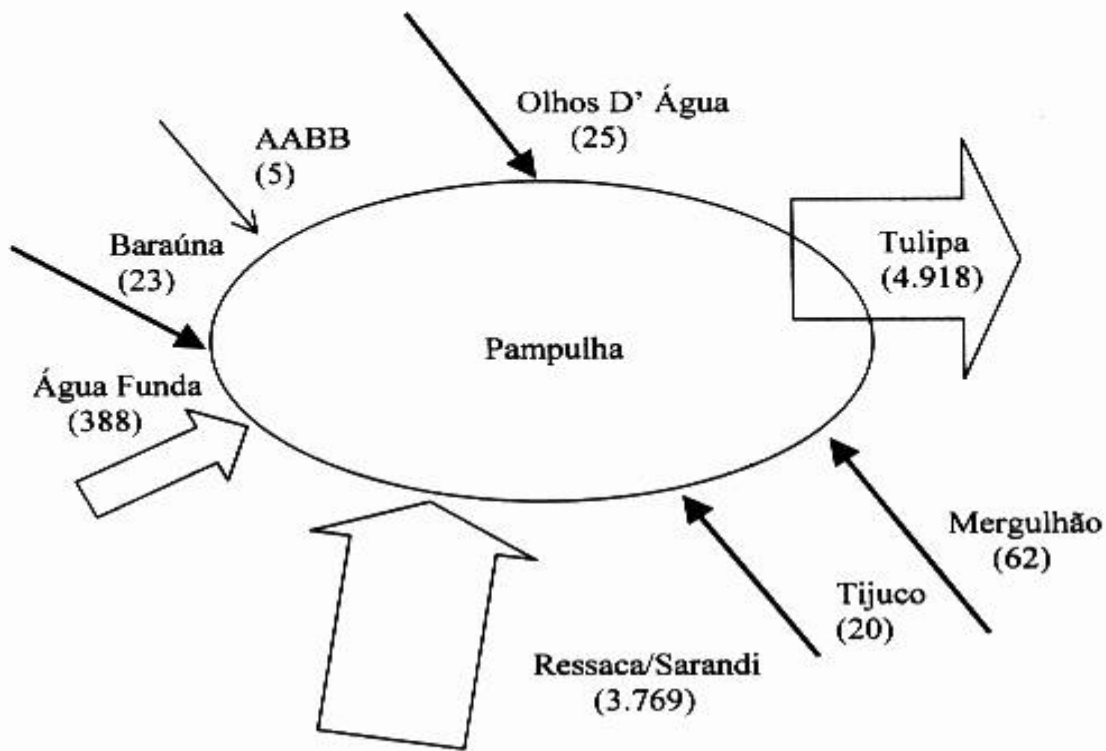


FIGURA 36: Desenho esquemático do balanço de massa anual do nitrogênio inorgânico dissolvido (ton/ano) na represa da Pampulha, em Belo Horizonte/MG, durante 1998.



$$\Sigma_{\text{Tributários}} = 4.296 \text{ ton.ano}^{-1}$$

FIGURA 37: Desenho esquemático do balanço de massa anual do carbono orgânico particulado (ton/ano) na represa da Pampulha, em Belo Horizonte/MG, durante 1998.

11 - BIBLIOGRAFIA

- AGOSTINHO, A. A; VAZZOLER, A. E. A. M; THOMAZ, S. M. 1995. The high river Paraná Basin: limnological and ichthyological aspects. In: *LIMNOLOGY in Brazil*. Rio de Janeiro: Tundisi etc, 1995. p. 59-113.
- ALBERTS, J. J; ERTEL, J. R; CASE, L. 1990 Characterization of organic matter in rivers of the Southeastern United States. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 24: 260-262.
- ALTAFIN, I. G; MATTOS, S. P; CAVALCANTI, C. G. B; ESTUQUI, V. R. 1995. Paranoá Lake - limnology and recovery program. In: *LIMNOLOGY in Brazil*. Rio de Janeiro: Tundisi etc, 1995. p. 104-113.
- ARAÚJO, M. A; GUIMARÃES, V. F; MENDONÇA-HAGLER, L. C. S; HAGLER, A. N. 1990. *Staphylococcus aureus* and fecal streptococci in fresh and marine surface waters of Rio de Janeiro, Brazil. *Rev. Microbiol.*, 21:141-147.
- ARAÚJO, M. A. R. 1995. Produção e consumo de carbono orgânico na comunidade planctônica da represa da Pampulha - Belo Horizonte - MG. Belo Horizonte: Instituto de Ciências Biológicas da UFMG, 1995. 65p. (*Dissertação de Mestrado em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre*).
- _____; PINTO-COELHO, R. M. 1998. Produção e consumo de carbono orgânico na comunidade planctônica da represa da Pampulha - Belo Horizonte - MG. *Rev. Bras. Biol.*, 58: 405-416.
- AZAM, F; FENCHEL, T; FIELD, J. G; GRAY, J. S; MEYER-REIL, L. A; THINGSTAD, F. 1983. The ecological role of water-column microbes in the sea. *Mar. Ecol. - Prog. Series*, 10: 257-263.
- _____; SMITH, D. C; CARLUCCI, A. F. 1992. Bacterial transformation and transport of organic matter in the Southern California Bight. *Prog. Oceanog.*, 30: 151-166.
- _____. 1998. Microbial control of oceanic carbon flux: the plot thickens. *Science*, 280: 694-696.
- BARBIERI, R; PÉREZ, D. V. 1997. Chemical, physico-chemical and physical conditions of the soil and water in natural impacted *igapó* areas of Batata lake (PA), Brazil. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 26: 297-299.
- BARBOSA, F; GARCIA, F. C; MARQUES, M. G. S. M; NASCIMENTO, F. A. 1998. Nitrogen and phosphorus balance in a eutrophic reservoir in Minas Gerais: a first approach. *Rev. Brasil. Biol.*, 58: 233-239.

- BEDÊ, L. C. 1992. Dinâmica populacional de *Melanoides tuberculata* (Prosobranchia: Thiaridae) no reservatório da Pampulha - Belo Horizonte - MG. Belo Horizonte: Instituto de Ciências Biológicas da UFMG, 1992. 112p. (*Dissertação de Mestrado em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre*).
- BERNET, N; HABOUZIT, F; MOLETTA, R. 1996. Use of an industrial effluent as a carbon source for denitrification of high-strength wastewater. *Appl. Microb. Biotech.*, 46: 92-97.
- BILLEN, G; SOMVILLE, S; deBECKER, E; SERVAIS, P. 1985. A nitrogen budgets of the Scheldt hydrographical basin. *Neth. J. Sea Res.*, 19: 223-230.
- _____. 1988. N-budgets of the major rivers discharging into continental zone of the North Sea: the nitrogen paradox. In: Faafeng, B. A. & Roseth, R. 1993. Retention of nitrogen in small streams artificially polluted with nitrate. *Hydrobiologia*, 251: 113-122.
- BINI, L. M; TUNDISI, J. G; MATSUMARA-TUNDISI, T; MATHEUS, C. E. 1997. Spatial variation of zooplankton groups in the tropical reservoir (Broa Reservoir, São Paulo state- Brazil). *Hydrobiologia*, 357: 89-98.
- BLANCHOT, J; CHARPY, L; LE BORGNE 1989. Size and composition of particulate organic matter in the lagoon of Tikehau atoll. *Mar. Biol.*, 102: 329-339.
- BLOESCH, J; UEHLINGER, U. 1990. Epilimnetic carbon flux and turnover of different particle size classes in oligo-mesotrophic Lake Lucerne, Switzerland. *Arch. Hydrobiol.*, 118: 403-419.
- CALLIERI, C; BERTONI, R; DE MARCO, C; CONTESINI, M. 1991. Settling flux and sinking velocity of Seston in Lago di Mergozzo (Northern Italy) and influence of microbial activity on the decomposition of entrapped organic material. *Hydrobiologia*, 213: 155-165.
- CAMARGO, A. F. M; BINI, L. M; SHIAVETTI, A. 1995. Avaliação dos impactos provocados pelas descargas de esgoto orgânicos em alguns corpos d'água do município de Rio Claro. In: *OECOLOGIA Brasiliensis*. Rio de Janeiro: Esteves, 1995. v. 1. p. 396-406.
- _____; NUCCI, P. R; BINI, L. M; SILVA JR., U. L. 1997. The influence of geology on the limnological characteristics of some lotic ecosystems of the Itanhaém River Basin, SP-Brazil. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 26: 860-864.
- CARACO, N. F. 1993. Disturbance of the phosphorus cycle: a case of indirect effects of human activity. *TREE*, 8: 51-54.

- CARNEY, H. J; BINFORD, M. W; MARIN, R. R; GOLDMAN, C. R. 1993. Nitrogen and phosphorus dynamics and retention in ecotones of Lake Titicaca, Bolivia/Peru. *Hydrobiologia*, 251: 39-47.
- CARVALHO, M. C; COELHO-BOTELHO, M. J; LAMPARELLI, M. C; ROQUETTI-HUMAITÁ, M. H; SALVADOR, M. E. P; SOUZA, R. C. R; TRUZZI, A. 1997. Spatial and temporal variations of chlorophylla, plankton and some physico-chemical factors at Billings Complex, São Paulo, Brazil. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 26: 452-457.
- CEBALLOS, B. O. S; LIMA, E. O; KONIG, A; MARTINS, M. T. 1995. Spatial and temporal distribution of fecal coliforms, coliphages, moulds and yeasts in freshwater at semi-arid tropic northeast region in Brazil (Paraíba State). *Rev. Microbiol.*, 26: 177-181.
- CHAMPS, J. R. B. 1991. O problema de assoreamento da Represa da Pampulha e as medidas adotadas para seu controle. In: *Enc. Nac. Eng. Sed.*, I. Anais..., Ouro Preto: p. 93-96.
- _____ 1992. Algumas considerações sobre a situação sanitária da bacia da Pampulha. In: *Seminário da Bacia Hidrográfica da Pampulha*. Anais..., Belo Horizonte: p. 134-142.
- CHANEY, A. L; MARBACH, E. P. 1962. Modified reagents for the determination of urea and amonia. *Clin. Chem.*, 8: 130-132.
- CHRISTENSEN, P. B; SORENSEN, J. 1986. Temporal variation of denitrification activity in a plant-covered, littoral sediment from Lake Hampen, Denmark. *Appl. Environ. Microbiol.*, 51: 1174-1179.
- _____; SORENSEN, J. 1988. Denitrification in sediment of lowland streams: regional and seasonal variations in Gelbæk and Rabis bæk, Denmark. *FEMS Microbiol. Ecol.*, 53: 335-344.
- _____; NIELSEN, L. P.; REVSBECH, N. P; SORENSEN, J. 1989. Microzonation of denitrification activity in stream sediments as studied by combined oxygen and nitrous microsensors. *Appl. Environ. Microbiol.*, 55: 1234-1241.
- COOKE, W. B. 1963. *A laboratory guide to fungi in polluted waters, sewage, and sewage treatment systems*. Cincinnati: PHS Publication, 1963.
- _____ 1965. The enumeration of yeasts population in a sewage treatment plant. *Mycologia*, 57: 969-703.

- COPAM, 1986. Deliberação Normativa Nº 010/86 que estabelece normas e padrões para qualidade das águas, lançamento de efluentes nas coleções de água e dá outras providências. *Diário Oficial de Minas Gerais*, Belo Horizonte, 10 de janeiro 1987. p. 13-15.
- CORDEIRO NETTO, O. M; DUTRA FILHO, D. 1981. O aporte de fósforo ao Lago Paranoá. *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, XI. Anais..., Fortaleza: p.1-19.
- COSTA, A. R. G. 1998. Migração vertical diurna e teores de lipídeos do zooplâncton do reservatório da Pampulha (BH/MG) e do reservatório de Furnas. Belo Horizonte: Instituto de Ciências Biológicas da UFMG, 1998. 161p. (*Dissertação de Mestrado em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre*).
- DIAS, L. N. 1997. A limnological study of the Passauna River Basin (Araucaria, Parana state, Brazil): macroscale and mesoscale patterns. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 26: 865-868.
- DIAS JR, C; BARROSO, G. F. 1998. Limnological studies of coastal lagoons in the south of Espírito Santo state (Brazil). *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 26: 1433-1437.
- DEVOL, A. H; ZARET, M; FORSBERG, B. R. 1984. Sedimentary organic matter diagenesis and its relation to the carbon budget of tropical Amazon floodplain lakes. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 22: 1299-1304.
- ELLIS-EVANS, J. C; LAYBOURN-PARRY, J; BAYLISS, P. R; PERRISS, S. J. 1998. Physical, chemical and microbial community characteristics of lakes of the Larsemann Hills, Continental Antarctica. *Arch. Hydrobiol.*, 141: 209-230.
- ERTEL, J. R; HEDGES, J. I; DEVOL, A. H; RICHEY, J. E; RIBEIRO, M. N. G. 1986. Dissolve humic substances of the Amazon River system. *Limnol. Oceanogr.*, 31: 739-754.
- ESTEVES, F. A. 1988. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1988.
- FAAFENG, B. A; ROSETH, R. 1993. Retention of nitrogen in small streams artificially polluted with nitrate. *Hydrobiologia*, 251: 113-122.
- FARJALLA, V. F. 1998. Nutrientes limitantes ao crescimento do bacterioplâncton nas lagoas Carapebus, Comprida, Cabiúnas e Iodada. In: *ECOLOGIA das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)*. Rio de Janeiro: NUPEM/Esteves, 1998. p.147-157.

- FARIA, B. M; SUSUKI, M. S; PETRUCIO, M. M; PRAST, A. E. 1998. Changes in the metabolism of Brazilian lagoon related to man-made marine entrances. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 26: 1442-1444.
- FLEISCHER, S; HAMRIM, S. 1988. Land use and nitrogen losses - a study within the Laholm Bay drainage basin of southern Sweden. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 23: 181-192.
- GARRIDO, J. M; van BENTHUM, W. A. J; van LOOSDRECHT, M. C. M; HEIJNEN, J. J. 1996. Influence of dissolved oxygen concentration on nitrite accumulation in a biofilm airlift suspension reactor. *Biotech. Bioeng.*, 53: 168-178.
- GIANI, A. 1994. Limnology in Pampulha Reservoir: some general observations with emphasis on the phytoplankton community. In: *ECOLOGY and human impact on lakes and reservoirs in Minas Gerais*. Belo Horizonte: Pinto-Coelho etc, 1994. p.151-163.
- GIBSON, C. E; FOY, R. H; BAILEY-WATTS, A. E. 1996. An analysis of the total phosphorus cycle in some temperate lakes: the response to enrichment. *Fresh. Biol.*, 35: 525-532.
- GOLTERMAN, H. L; CLYMO, R. S; OHNSTAD, M. A. M. 1978. *Methods for physical and chemical analysis of fresh waters*. 2. ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1978. p. 149-152 (IBP Handbook, nº 8).
- GOODWIN, K. L. 1997. Dinâmica das populações de cyanobactéria no reservatório da Pampulha (MG) em duas escalas temporais (sazonal e diurna). Belo Horizonte: Instituto de Ciências Biológicas da UFMG, 1997. 114p. (*Dissertação de Mestrado em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre*).
- _____ ; GIANI, A. 1998. Cyanobacteria in a eutrophic tropical reservoir: seasonal and vertical distribution. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 26: 1702-1706.
- GRECO, M. K. B. 1996. Determinação da produtividade de *Eichhornia crassipes* (Mart. Solms) na represa da Pampulha BH/MG, através dos métodos tradicional e demográfico. Belo Horizonte: Instituto de Ciências Biológicas da UFMG, 1996. 72p. (*Dissertação de Mestrado em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre*).
- GREENBERG, A. E; CLESCERI, L. S. E; EATON, A. D. 1992. *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*. 18. ed., Washington: A.P.H.A., etc, 1992.
- GRUBAUGH, J. W.; ANDERSON, R. V. 1989. Upper Mississippi River: seasonal and floodplain forest influences on organic matter transport. *Hydrobiologia*, 174: 235-244.

- HAGLER, A. N; MENDONÇA-HAGLER, L. C; SANTOS, E. A; FARAGE, S; SILVA FILHO, J. B; SCHRANK, A. 1986. Microbial pollution indicators in Brazilian tropical and subtropical; marine surface waters. *Sci. Total. Environ.*, 58: 151-160.
- HEDRICK, L. R; SOYUENC, M. 1967. Yeasts and molds in water and sediments of Lake Ontario. In: *Conf. Great Lakes Res.*, 10th. Ontario: p. 20-30
- _____; COOKE, W; WOLLET, L. 1968. Yeasts and molds in Lake Superior and some of its tributaries. In: *Conf. Great Lakes Res.*, 10th. Ontario: p. 538-543
- HEIKKINEN, K; VISURI, A. 1990. Effect of water quality on bacterioplankton densities in river, brook and peat mining water in the basin of the humic River Kiiminkijoki, northern Finland. *Arch. Hydrobiol.*, 119: 215-230.
- HESSEN, D. O; ANDERSEN, T; LYCHE, A. 1990. Carbon metabolism in a humic lake: Pool sizes and cycling through zooplankton. *Limnol. Oceanogr.*, 35: 84-99.
- _____. 1992. Dissolved organic carbon in a humic lake: effects on bacterial production and respiration. *Hydrobiologia*, 229: 115-123.
- HILL, A; SANMUGADAS, K. 1985. Denitrification rates in relation to stream characteristics. *Water Res.*, 19: 1579-1586.
- HUTCHINSON, G. E. 1975. *A Treatise on Limnology - Chemistry of Lakes*. New York: John Wiley & Sons, 1975. v. 1.
- JOLLIFFE, I. T. 1986. *Principal Components Analysis*. New York: Brillinger, etc, 1986. (Springer Series in Statistics).
- KOLM, H. E; GIAMBERARDINO FILHO, R. E; KORMANN, M. C. 1997. Spatial distribution and temporal variability of heterotrophic bacteria in sediments of Paranaguá and Antonina Bays, Paraná, Brazil. *Rev. Microbiol.*, 28: 230-238.
- KRUG, A. 1993. Drainage history and land use pattern of a Swedish river system-their importance for understanding nitrogen and phosphorus load. *Hydrobiologia*, 251: 285-296.
- KURTZMAN, C. P; FELL, J. W. 1998. *The Yeasts: a taxonomic study*. 4. ed. Amsterdam: Elsevier, 1998.
- LAMPERT, W., 1984, The measurement of respiration. In: Downing & Rigler. *A manual on Methods for Assessment of Secondary Productivity in Freshwater*. London: Blackwell Scientific Publications, 1984. p. 413-468.

- LEITE, R. L; WATANABE, T. 1997. Seasonal variation of the physical and chemical condition of the Gramame and Mamuaba reservoirs, Alhandra, Paraíba. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 26: 350-354.
- LOPES-FERREIRA, C; PASIN, E. B. 1998. Distribution of total nitrogen and phosphorus concentrations at the sewer outfall at Imboacica lagoon, RJ, Brazil. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 26: 1491-1493.
- MACKERETH, F. J. H; HERON, J; TALLING, J. F. 1978. *Water Analysis: Some revised methods for limnologists*. Washington: Freshwater Biological Associates Scientific, 1978.
- MARGALEF, R. 1983. *Limnología*. Barcelona: Ediciones Omega, 1983.
- MARKAGER, S; HANSEN, B; SONDEGAARD, M. 1994. Pelagic carbon metabolism in a eutrophic lake during a clear-water phase. *J. Plank. Res.*, 16: 1247-1267.
- MORAIS, P. B; RESENDE, M. A; ROSA, C. A; BARBOSA, F. A. R. 1996. Occurrence and diel distribution of yeast in a Paleo-karstic lake of Southeastern Brazil. *Rev. Microbiol.*, 27: 182-188.
- MURPHY, J; RILEY, J. P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analy. Chim. Act.*, 27: 31-36.
- NIXON, S. W. 1988. Physical energy inputs and comparative ecology of lake and marine ecosystems. *Limnol. Oceanogr.*, 33: 1005-1025.
- NOGES, P; JARVET, A; TUVIKENE, L; NOGES, T. 1998. The budgets of nitrogen and phosphorus in a shallow eutrophic Lake Vortsjarv (Estonia). *Hydrobiologia*, 363: 219-227.
- NOVAIS, F. L. 1992. Ocupação urbana e erosão na bacia da Pampulha. In: *Seminário da Bacia Hidrográfica da Pampulha*. Anais..., Belo Horizonte: p. 117-120.
- PAYNE, W. J. 1973. Reduction of nitrogenous oxides by microorganisms. *Bacteriol. Rev.*, 37: 409-452.
- PEÇANHA, M. P; PAGNOCCA, F. C; RUGANI, C. A; NEVES, F. A. 1996. Yeasts and others parameters of pollution of the Ribeirão Claro stream in Rio Claro, São Paulo. *Rev. Microbiol.*, 27: 177-181.
- PINTO-COELHO, R. M. 1992. Evolução do grau de eutrofização na Lagoa da Pampulha: comparação com ciclos sazonais de nutrientes (N e P) e organismos planctônicos. In: *Seminário da Bacia Hidrográfica da Pampulha*. Anais..., Belo Horizonte: p. 11-14.

- _____. 1994. Limnology perspectives for the control of eutrophication in large tropical reservoirs. In: *ECOLOGY and human impact on lakes and reservoirs in Minas Gerais*. Belo Horizonte: Pinto-Coelho etc, 1994. p. 11-26.
- _____; GIANI, A; TÔRRES, I. C; FIGUEIREDO, C. C. 1997. *Biomonitoramento plurianual de variáveis limnológicas no Reservatório da Pampulha*. In: Relatório Final. Convênio SMMA/PBH/FUNDEP., 1997. Belo Horizonte: 87 p.
- _____; GRECO, M. K. B. 1997. Teores de metais pesados em organismos zooplancônicos e na macrófita *Eichhornia crassipes* no reservatório da Pampulha, Belo Horizonte, MG. *A Água em Revista*, 10: 64-69.
- _____; DE MOURA, R. T; MOREIRA, A 1997. Zooplankton and bacteria contribution to phosphorus and nitrogen internal cycling in a tropical and eutrophic reservoir: Pampulha Lake, Brazil. *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 82: 185-200.
- _____. 1998. Effects of eutrophication on seasonal patterns of mesozooplankton in a tropical reservoir: a 4-year study in Pampulha Lake, Brazil. *Fresh. Biol.*, 39: 101-115.
- PLA, L. E. 1986. *Análisis Multivariado: Método de Componentes Principales*. Washington: Chesneau, 1986. (Colección de Monografías Científicas).
- POMEROY, L. R. 1974. The ocean's food web, a changing paradigm. *BioScience*, 24: 499-504.
- PRAIRIE, Y. T; KALFF, J. 1988. Dissolved phosphorus dynamics in headwater streams. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 45: 200-209.
- QUINN, J. P. 1984. Seasonal occurrence of yeasts and other fungi in a freshwater lake. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 83: 53-58.
- RAI, H. 1984. Release of photosynthetically produced dissolved organic carbon by natural phytoplankton populations in Schöhsee. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 22: 936-942.
- RICKLEFS, E. R. 1979. *Ecology*. 2. ed., New York: Chiron Press, 1979.
- ROBARTS, R. D; ASHTON, P. J. 1988. Dissolved organic carbon and microbial activity in a hypereutrophic African reservoir. *Arch. Hydrobiol.*, 113: 519-539.
- ROSA, C. A; RESENDE, M. A; FRANZOT, S. P; MORAIS, P. B; BARBOSA, F. A. R. 1990. Distribuição de leveduras e coliformes em um lago do Karst do planalto de Lagoa Santa, MG-Brazil. *Rev. Microbiol.*, 21: 19-24.
- _____; RESENDE, M. A; BARBOSA, F. A. R; MORAIS, P. B; FRANZOT, S. P. 1995. Yeast diversity in a mesotrophic lake on the karstic plateau of Lagoa Santa, MG-Brazil. *Hydrobiologia*, 308: 103-108.

- ROSSO, A. L; AZAM, F. 1987. Proteolytic activity in coastal oceanic waters: depth distribution and relationship to bacterial populations. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 41: 231-240.
- SCHOENBERG, S. A. 1990. Short-term productivity responses of algae and bacteria to zooplankton grazing in two freshwater lakes. *Fresh. Biol.*, 23: 395-410.
- SEITZINGER, S. P. 1988. Denitrification in freshwater and coastal marine ecosystems: ecological and geochemical significance. *Limnol. Oceanogr.*, 33: 702-724.
- SILVA, E. I. L; DAVIES, R. W. 1997. The effects of irrigation effluent on a Western Canadian prairie river. *Hydrobiologia*, 344: 103-109.
- SIMON, M; TILZER, M. M. 1987. Bacterial response to sazonal changes in primary production and phytoplankton biomass in Lake Constance. *J. Plank. Res.*, 9:535-552.
- SMMA/PBH-Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. Secretaria Municipal do Meio Ambiente 1999. *Programa de recuperação e desenvolvimento ambiental da bacia da Pampulha (PROPAM)*. Belo Horizonte:1999.
- SONDERGAARD, M. 1984. Dissolved organic carbon in Danish lakes: Concentration, compositon, and lability. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 22: 780-784.
- _____ ; HANSEN, B; MARKAGER, S. 1995. Dynamics of dissolved organic carbon lability in a eutrophic lake. *Limnol. Oceanogr.*, 40: 46-54.
- SOUZA, M. J. M; ROCHA, A. J. A. 1998. Preliminary assessment of the Areias River (Goiás, Brazil), with a view to the use of its water to supply Federal District. *Verh. Int. Verein. Limnol.*, 26: 1284-1286.
- SPENCER, J. F. T; GORIN, P. A. J; GARDNER, N. R. 1970. Yeasts isolated from the South Saskatchewan, a polluted river. *Can. J. Microbiol.*, 16: 1051-1057.
- _____ 1974. Yeasts isolated from some lakes and rivers of Saskatchewan. *Can. J. Microbiol.*, 20: 949-954.
- STRASKRABA, M; DOSTALKOVA, I; HEIJZLAR, J; VYHNALEK, V. 1995. The effect of reservoirs on phosphorus concentration. *Int. Revue. ges. Hydrobiol.*, 80: 403-413.
- SUDECAP-Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. Superintendência de Desenvolvimento da Capital 1997. *Estudo de impacto ambiental do programa de recuperação e desenvolvimento ambiental da Bacia da Pampulha*. Belo Horizonte: 1997.

- SVENDSEN, L. M; KRONVANG, B. 1993. Retention of nitrogen and phosphorus in a Danish lowland river system: implications for the export from the watershed. *Hydrobiologia*, 251: 123-135.
- THINGSTAD, T. F; HAGSTROM, A; RASSOULAZADEGAN, F. 1997. Accumulation of degradable DOC in surface waters: Is it caused by a malfunctioning microbial loop? *Limnol. Oceanogr.*, 42: 398-404.
- THOMAZ, S. M; BOZELLI, R. L; ESTEVES, F. A. 1998. Secondary production and counts of the planktonic bacteria in different clear water bodies of the Amazon. *Ciênc. Cult.*, 50: 356-360.
- THURMAN, E. M. 1985. *Organic geochemistry of natural waters*. In: Roberts, R. D. & Ashton, P. J. 1988. Dissolved organic carbon and microbial activity in a hypereutrophic African reservoir. *Arch. Hydrobiol.*, 113: 519-539.
- TÔRRES, I. C; ARAÚJO, M. A; PINTO-COELHO, R. M. 1998. Variação temporal de carbono pigmentado, carbono orgânico dissolvido e particulado na represa da Pampulha, Belo Horizonte/M.G. *Rev. Bras. Biol.*, 58: 131-141.
- VADEBONCOUER, Y. 1994. Longitudinal dynamics of seston and composition in lake outlet stream. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 13: 181-189.
- VALENTIN, J. L. 1995. Agrupamento e Ordenação. In: *OECOLOGIA Brasiliensis*, Rio de Janeiro: Perez-Neto etc, 1995. v. 2. p. 27-55.
- von SPERLING, E. 1997. The process of biomass formation as the key point in the restoration of tropical eutrophic lakes. *Hidrobiologia*, 342/343: 351-354.
- WEISSE, T; MÜLLER, H; PINTO-COELHO, R. M; SCHWEIZER, A; SPRINGMANN, D; BALDRINGER, G. 1990. Response of the microbial loop to the phytoplankton spring bloom in a large prealpine lake. *Limnol. Oceanogr.*, 35: 781-794.
- WEN, Y. H. 1992. Seston in a seasonally flooded lake of the central Changjiang River (China). *Hydrobiologia*, 242: 95-104.
- WETZEL, R. G. 1983. *Limnology*. 2. ed. New York: Saunders College Publishing, 1983.
- _____ 1984. Detrital dissolved and particulate organic carbon functions in aquatic ecosystems. *Bull. Mar. Sci.*, 35: 503-509.
- _____ 1995. Death, detritus, and energy flow in aquatic ecosystems. *Fresh. Biol.*, 33: 83-89.

- _____. 1996. Benthic algae and nutrient cycling in lentic freshwater ecosystems. In: *ALGAL Ecology: Freshwater Benthic Ecosystems*. New York: Stevenson etc, p. 641-667.
- YIN, C; ZHAO, M; JIN, W; LAN, Z. 1993. A multi-pond system as protective zone for the management of lakes in China. *Hydrobiologia*, 251: 321-329.
- YOUNG, W. J; MARSTON, F. M; DAVIS, J. R. 1996. Nutrient exports and land use in Australian catchments. *J. Environ. Manag*, 47: 165-183.
- YOUNG, R. G; HURYN, A. D. 1997. Longitudinal patterns of organic matter transport and turnover along a New Zeland grassland river. *Fresh. Biol.*, 38: 93-107.

Obs: As referências bibliográficas estão de acordo com a NB66/89. Na notação bibliográfica dos artigos de periódicos científicos, na parte referente a indicação de volume e paginação foi mantida a NB66 da edição de 1960.

12 - ANEXOS

ANEXO I: Valores máximos, médios e mínimos dos parâmetros limnológicos básicos, na represa da Pampulha e em seus tributários de novembro/97 a dezembro/98, (A marcação em cinza indica os maiores valores entre os tributários).

Pontos de Coleta	pH			Condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$ a 25°C)			OD (mg.l ⁻¹)			Temperatura (°C)		
	mínimo	média	máximo	mínimo	média	máximo	mínimo	média	máximo	mínimo	média	máximo
Córrego Mergulhão	6,45	7,51	8,59	252,90	310,87	377,10	2,38	4,31	6,92	18,10	22,11	27,00
Córrego Tijuco	6,67	7,63	8,19	221,20	259,88	370,00	1,86	6,01	10,91	20,40	23,58	28,00
Córregos Ressaca/Sarandi	7,00	7,53	7,78	246,90	401,70	526,00	0,50	2,88	5,09	19,70	23,50	28,00
Córrego Água Funda	6,98	7,35	7,68	108,90	248,49	369,10	0,42	3,04	5,14	17,50	22,33	27,50
Córrego Baraúna	6,94	7,20	7,63	97,80	142,09	207,40	0,23	3,77	7,02	16,50	20,97	25,60
Córrego AABB	6,75	6,99	7,43	122,60	212,16	415,10	0,86	4,32	6,97	20,30	23,13	26,20
Córrego Olhos D' Água	6,66	7,15	7,52	70,50	166,36	218,8	2,61	5,00	6,80	18,20	21,80	24,50
Represa da Pampulha	6,96	7,61	8,21	213,20	306,97	395,10	1,19	4,65	9,64	20,30	24,71	29,50
Tulipa	7,11	7,55	8,19	279,50	326,44	391,00	1,42	3,82	10,46	21,50	23,73	26,40

ANEXO II: Valores máximos, médios e mínimos da concentração carbono orgânico e inorgânico, e da demanda química de oxigênio, na represa da Pampulha e em seus tributários de novembro/97 a dezembro/98, (A marcação em cinza indica os maiores valores entre os tributários).

Pontos de Coleta	Carbono Orgânico Particulado (mgC.l ⁻¹)			Carbono Orgânico Dissolvido (mgC.l ⁻¹)			Carbono Inorgânico Dissolvido (mgC.l ⁻¹)			Demanda Química de Oxigênio (mgO ₂ .l ⁻¹)		
	mínimo	média	máximo	mínimo	média	máximo	mínimo	média	máximo	mínimo	média	máximo
Córrego Mergulhão	2,02	6,78	25,08	0,00	1,06	12,82	9,24	13,88	18,89	5,38	18,08	66,87
Córrego Tijuco	0,81	1,83	3,15	0,00	0,00	0,00	8,51	11,25	13,51	2,15	4,87	8,40
Córregos Ressaca/Sarandi	2,88	8,01	12,75	0,47	16,74	33,62	10,22	20,34	30,85	7,69	21,38	34,00
Córrego Água Funda	1,67	3,32	5,60	0,00	1,56	18,78	4,40	13,36	22,60	4,46	8,870	14,92
Córrego Baraúna	0,55	1,58	3,87	0,00	0,24	2,12	4,64	9,30	12,59	1,46	4,22	10,31
Córrego AABB	1,03	3,51	11,37	0,00	0,68	6,12	4,83	9,23	14,33	2,74	9,36	30,31
Córrego Olhos D' Água	1,20	1,95	3,00	0,00	0,08	1,16	3,97	9,80	13,76	3,20	5,19	8,93
Represa da Pampulha	2,74	5,62	10,28	0,00	3,69	17,52	10,06	16,83	24,14	7,31	15,00	27,40
Tulipa	2,88	5,97	8,40	0,00	1,67	15,03	12,78	17,66	22,65	7,69	15,92	22,40

ANEXO III : Valores máximos, médios e mínimos da concentração dos sólidos em suspensão, na represa da Pampulha e em seus tributários de novembro/97 a dezembro/98, (A marcação em cinza indica os maiores valores entre os tributários).

Pontos de Coleta	Sólidos Orgânicos em Suspensão (mg.l ⁻¹)			Sólidos Inorgânicos em Suspensão (mg.l ⁻¹)			Sólidos Totais em Suspensão (mg.l ⁻¹)		
	mínimo	média	máximo	mínimo	média	máximo	mínimo	média	máximo
Córrego Mergulhão	3,80	13,18	42,21	4,97	20,34	50,75	17,08	33,53	87,53
Córrego Tijuco	1,55	3,96	9,12	2,00	12,12	42,38	3,55	16,08	51,50
Córregos Ressaca/Sarandi	9,47	19,66	65,00	9,67	51,13	324,00	22,21	70,80	389,00
Córrego Água Funda	4,88	11,58	62,50	6,24	40,49	295,00	11,54	52,07	357,50
Córrego Baraúna	1,85	3,90	21,45	3,38	9,30	26,74	5,56	13,21	48,20
Córrego AABB	2,03	7,53	22,13	4,25	17,59	66,37	6,28	25,13	88,50
Córrego Olhos D' Água	2,17	3,85	11,50	5,18	12,04	34,75	7,93	15,09	46,25
Represa da Pampulha	6,46	10,98	18,75	1,22	9,49	20,80	8,44	20,47	39,50
Tulipa	6,63	9,91	15,00	1,20	8,06	14,00	7,80	17,97	24,60

ANEXO IV : Valores máximos, médios e mínimos da concentração de fósforo total, particulado e solúvel, na represa da Pampulha e em seus tributários de novembro/97 a dezembro/98, (A marcação em cinza indica os maiores valores entre os tributários).

Pontos de Coleta	Fósforo Total ($\mu\text{g.l}^{-1}$)			Fósforo Particulado ($\mu\text{g.l}^{-1}$)			Fósforo Solúvel ($\mu\text{g.l}^{-1}$)		
	mínimo	média	máximo	mínimo	média	máximo	mínimo	média	máximo
Córrego Mergulhão	89,65	288,65	927,09	76,88	223,56	857,16	7,44	65,08	201,92
Córrego Tijuco	16,69	81,65	164,07	12,62	56,84	133,60	3,05	24,80	53,81
Córregos Ressaca/Sarandi	493,33	1.298,72	2.708,16	421,41	998,97	2.357,92	60,56	299,75	579,44
Córrego Água Funda	189,26	459,62	1.267,84	177,28	411,78	1.108,49	11,98	47,83	159,35
Córrego Baraúna	22,05	42,25	107,02	9,93	32,15	81,93	0,00	10,09	25,09
Córrego AABB	54,48	231,60	891,09	46,72	172,50	495,64	6,93	59,09	395,45
Córrego Olhos D' Água	44,45	87,99	223,82	39,67	71,43	182,52	0,00	16,55	41,30
Represa da Pampulha	83,73	204,02	450,71	64,16	165,87	346,61	10,27	38,14	104,10
Tulipa	80,39	203,84	358,61	50,90	162,93	262,89	9,96	40,90	95,72

ANEXO V : Valores máximos, médios e mínimos da concentração de nitrato, nitrito e amônia na represa da Pampulha e em seus tributários de novembro/97 a dezembro/98, (A marcação em cinza indica os maiores valores entre os tributários).

Pontos de Coleta	Nitrato (µg.l ⁻¹)			Nitrito (µg.l ⁻¹)			Amônia (µg.l ⁻¹)		
	mínimo	média	máximo	mínimo	média	máximo	mínimo	média	máximo
Córrego Mergulhão	0,00	76,01	294,98	4,02	46,98	157,93	501,60	2.762,12	7.627,20
Córrego Tijuco	129,93	545,48	1.459,48	15,42	52,30	129,14	0,00	237,07	1.672,30
Córregos Ressaca/Sarandi	0,00	120,14	443,78	0,44	62,50	110,49	2.101,60	8.769,46	16.748,60
Córrego Água Funda	0,00	53,85	150,46	0,76	20,88	46,13	0,00	4.415,93	12.069,40
Córrego Baraúna	0,00	69,23	184,76	0,00	8,15	40,40	0,00	67,09	784,40
Córrego A.ABB	0,00	54,02	131,46	0,00	8,58	20,65	0,00	556,53	3.525,00
Córrego Olhos D' Água	15,53	235,02	495,34	11,72	79,01	182,25	0,00	383,80	2.178,90
Represa da Pampulha	0,00	317,53	2.178,52	0,00	81,65	430,04	0,00	2.327,81	5.877,10
Tulipa	0,00	563,19	1.911,53	0,00	129,54	430,04	0,00	3.097,89	7.285,20

ANEXO VI: Valores máximos, médios e mínimos da densidades dos parâmetros microbiológicos, na represa da Pampulha e em seus tributários de janeiro/98 a dezembro/98, (A marcação em cinza indica os maiores valores entre os tributários).

Pontos de Coleta	Leveduras (UFC.ml ⁻¹)			Bactéria Heterorófica (UFC.ml ⁻¹)			Coliformes Totais (NMP.100ml ⁻¹)			Coliformes Fecais(NMP.100ml ⁻¹)		
	mínimo	média	máximo	mínimo	média	máximo	mínimo	média	máximo	mínimo	média	máximo
Córrego Mergulhão	10	142	866	133	38.793	209.333	100	64.058	180.000	100	33.272	160.000
Córrego Tijuco	7	115	400	100	28.087	226.000	100	23.441	160.000	100	10.527	50.000
Córregos Ressaca/Sarandi	100	807	2.066	2.933	334.509	1.666.666	4000	138.250	180.000	3.000	89.454	180.000
Córrego Água Funda	33	262	900	244	214.388	1.013.333	800	98.675	180.000	800	58.618	180.000
Córrego Baraúna	3	53	166	133	1.240	4.333	100	10.9075	80.000	100	3.227	24.000
Córrego AABB	33	670	4.733	200	36.653	81.333	100	58.583	180.000	100	31.481	180.000
Córrego Olhos D' Água	7	628	5.333	180	25.104	120.333	100	52.875	160.000	100	15.818	50.000
Represa da Pampulha	3	5.251	30.100	210	50.287	176.000	100	35.954	160.000	100	12.690	28.000

Pontos de Coleta	28/11/97	09/12/97	20/01/98	09/02/98
Córrego Mergulhão (A)	Água verde	Água marrom, muito lixo (manufaturado/orgânico), volume muito alto	Água suja, muitos galhos e troncos, poucos aguapés	Nível da água baixo mau cheiro
Córrego Tijuco (B)	Água verde	Volume alto, mau cheiro, espuma marrom (tipo óleo), lixo (manufaturado)	Toda a entrada do córrego tomada por grande quantidade de aguapés	Água suja, mancha marrom clara na superfície (grande), baixo volume
Córregos Ressaca/Sarandi (C)	Água clara com mau cheiro	Água muito barrenta, volume alto	Água barrenta e suja (orgânica),	Volume da água muito baixo, com bancos de areia
Córrego Água Funda (D)	Água clara	Água barrenta, mau cheiro, volume alto	Água barrenta, volume alto, mau cheiro	Água muito barrenta, mau cheiro
Córrego Baraúna (E)	*	Água barrenta, volume alto	Água clara, volume alto	Mato alto e lixo (orgânico)
Córrego AABB (F)	*	Água pouco barrenta, volume maior	Água barrenta com peixes mortos	Mato alto, muito lixo (orgânico)
Córrego Ólhos D'Água (G)	Água clara, correnteza	Água com mau cheiro, correnteza, muito turvo	Correnteza forte, água clara, mau cheiro	Água clara
Pampulha (H)	*	Período de fortes chuvas a lagoa estava muito cheia invadiu o latic, água meio esverdeada	Lagoa totalmente marrom	Baixo volume de água, tulipa foi aberta
Sumidouro Tulipa (I)	*	*	*	*
Dia da Coleta	Dia nublado e quente	Dia nublado, dias de fortes chuvas, com vários prejuízos na cidade	Dia nublado, (choveu muito no dia anterior) Coleta na Lagoa o dia estava nublado, mas quente	Dia nublado, coleta na Lagoa com fortes chuvas
Observações	*	Período de fortes chuvas onde ocorreram diversos problemas e prejuízos para a cidade	Os aguapés "estouraram" no dia 14/01, espalharam por toda a lagoa, (devido as fortes chuvas). No dia 15/01	A tulipa foi aberta, volume da lagoa muito baixo, dias de muito calor (34°C)

Pontos de Coleta	12/03/98	07/04/98	06/05/98	01/06/98	06/07/98
Córrego Mergulhão (A)	Água suja, baixo nível de água	Baixo nível de água, grande quantidade de lixo (manufaturado)	Pouco lixo (manufaturado)	Camada marrom em suspensão, mau cheiro	Retirada de sedimento a partir de 2/07 (dias depois o córrego estava muito assorçado)
Córrego Tijuco (B)	Muito lixo (manufaturado)	Muito mato e peixes mortos, grande quantidade de lixo (manufaturado)	Muito lixo (manufaturado) e resto de plantas (capinagem)	Pouco lixo (manufaturado), peixes mortos	Água muito suja, presença de espuma
Córregos Ressaca/Sarandi (C)	Mau cheiro (intenso de fezes), bolhas de ar	Grande retirada de sedimentos por trator	Grande retirada de sedimentos, corrego com muito material em suspensão, obras no local	Volume baixo, bancos de areia, não havia retirada de sedimento	Retirada de sedimento, mau cheiro, água cinza
Córrego Água Funda (D)	Raso com muitos bancos de areia	Fluxo de água mais baixo, grande presença de larvas de chironomídeo	Grande quantidade de chironomídeos em suspensão na água, água turva com bancos de areia, garças no final do córrego	Alta densidade de chironomídeo (garças), banco de areia no meio do córrego	Muita areia, correnteza, chironomídeos + garças
Córrego Baraúna (E)	Mato muito alto	Mato muito alto	Mato muito alto	Mato alto, água cinza, muitas folhas em suspensão	Muito lixo (manufaturado), mato alto
Córrego AABB (F)	Mato muito alto, peixes mortos	Margem do córrego toda capinada	Mato baixo	Mato alto, água turva	Galhos e capim na água, água marrom escura
Córrego Ólhos D'Água (G)	Água limpa, correnteza, vegetação alta	Mato alto com vários pneus de carro (mais de 6)	Mato muito alto	Mato alto, mau cheiro	Mato alto e capinado
Pampulha (H)	Água escura, correnteza (vento), calor	Água esverdeada	Água verde	Água esverdeada, correnteza	Muitos peixes mortos, água verde, od a 6m maior que a 4m
Sumidouro Tulipa (I)	*	Água esverdeada (Coleta por barco)	Tulipa normal, (Coleta por barco)	Tulipa normal, (Coleta por barco)	Tulipa normal, (1º coleta via tulipa (terra))
Dia da Coleta	Dia muito quente, com sol. Na coleta na lagoa o dia estava nublado	Dia claro com sol e vento, um pouco frio. Na coleta na lagoa dia bom com sol mas vento e frio	Dia nublado com chuva. Na coleta na lagoa, dia ensolarado, pouco frio.	Dia bom com sol, muito frio neblina de manhã. Na coleta na lagoa dia bom com sol e vento	Dia bom com sol, um pouco de vento e um pouco frio. Na coleta da lagoa dia bom com sol, pouco frio
Observações			Carrefour funcionando à 1 semana		Retirada de sedimentos no córrego A

Pontos de Coleta	10/08/98	09/09/98	05/10/98	09/11/98	09/12/98
Córrego Mergulhão (A)	+ de 30 peixes mortos, água turva e retirada de sedimentos	Água verde, mancha marrom	Volume da água baixo no córrego e principalmente em sua área de influência (fotos) muito sedimento	Volume baixo, formação de pequenas lagoas (ver fotos), garças, água clara com mau cheiro	Volume muito baixo muita madeira, erosão da margem, carreando sedimento para a lagoa
Córrego Tijuco (B)	+ de 200 peixes mortos	Água verde, espuma, peixes mortos, lixo (manufaturado)	Volume da água baixo no córrego e principalmente em sua área de influência (fotos) muito sedimento, lixo (manufaturado)	Volume baixo, formação de pequenas lagoas (ver fotos), garças, água clara com lixo (manufaturado)	Volume muito baixo lixo (manufaturado), erosão da margem, carreando sedimento para a lagoa
Córregos Ressaca/Sarandi (C)	Volume de água muito baixo, muitos bancos de areia, obras	Volume baixo, cor cinza, mau cheiro forte, placas de ferro colocadas no córrego, aumento de sedimento	Água cinza (igual à última coleta)	Obras, alta quantidade de sedimentos, córrego mais raso, água cinza, mau cheiro	Grande retirada de sedimento, obras, volume baixo, mau cheiro
Córrego Água Funda (D)	Banco de areia, retirada de lixo dentro de um cachorro morto	Água cinza, pneus, muita areia na lateral, mau cheiro, muitos chironomídeos mortos	Água mais verde (igual a última coleta)	Retirada de sedimento (ver foto), mau cheiro, água parada, mau cheiro, alta quantidade de larvas de insetos mortas	Mau cheiro, muita areia, lixo orgânico, volume normal
Córrego Barsúna (E)	Mato alto	Água clara mato alto e dentro d'água	Mato muito alto com lata de ferro no córrego	Mato muito alto, muitas plantas e galhos submersos, água parada escura, mau cheiro	Mato alto
Córrego A.A.B.B (F)	Troncos de árvores, camada opaca, oleosa na água	Troncos continuam, lata de ferro, isopor, água parada, mau cheiro, camada tipo óleo	Mato muito alto, tronco continua e muito lixo (manufaturado), mau cheiro	Tiraram os troncos, continua paus e folhas, água turva, muito material em suspensão, manchas na superfície	Água escura, mau cheiro, muitos peixes
Córrego Ólhos D' Água (G)	Mato alto	Mato alto, água clara	Mato muito alto, lixo (manufaturado)	Mato muito alto, alto volume de água, clara mas com cheiro de esgoto	Mato alto, água clara
Pampulha (H)	Água verde escura, peixes mortos	Água verde, correnteza	Volume da água muito baixo muito baixo	Baixo nível de água	Água verde baixo volume de água, dia nublado sem sol, mas quente
Sumidouro Tulipa (I)	Tulipa normal (coleta via tulipa (terra))	Água verde, volume baixo	Volume da água muito baixo, volume baixo	Baixo nível de água	Baixo nível de água (não deu para abrir a tulipa, coleta nas margens)
Dia da Coleta	Dia nublado, pouco frio. Na coleta na lagoa dia bom com sol e vento	Dia bom com sol, quente e abafado. Na coleta na lagoa dia bom, pouco frio, vento e correnteza	Dia bom, com sol. Coleta na lagoa dia bom com sol.	Dia bom com sol, sem nuvens. Coleta na lagoa dia nublado com chuva, vento e frio	Dia bom, com sol e quente. Na coleta na lagoa dia nublado mas muito quente.
		TULIPA ABERTA (obras na barraem), nível muito baixo	TULIPA ABERTA. Área de	TULIPA ABERTA	TULIPA ABERTA

ANEXO VIII: Principais características físicas e populacionais dos principais córregos da represa da Pampulha, segundo SUDECAP (1997)

Córregos	Área (hectare)		Extensão (Km)			População		Declividade Média (%)	Extensão (m)	Extensão do Canal (m)	
	BH	Contagem	BH	Contagem	Total	BH	Contagem			Aberto	Fechado
Mergulhão	304,5	-	4,024	-	4,024	1.000	-	1,38	4.024	1.000	-
Tijucu	187,2	-	1,988	-	1,988	5.407	-	1,33	1.988	-	1.550
Ressaca	2.015,8	-	9,611	-	9,611	142.898	-	0,76	9.611	4.800	-
Sarandi	311,4	3.867,0	2,948	13,808	16,756	15.758	97.551	0,61	2.948	-	2.400
Água Funda	109,5	1.488,0	0,688	8,052	8,740	632	43.919	0,60	688	-	-
Baratina	180,5	-	2,870	-	2,870	766	-	1,74	2.870	-	-
AABB	70,86	-	1,190	-	1,190	*	-	3,72	1.990	-	700
Ólhos D'água	260,20	-	3,252	-	3,252	6.400	-	0,94	3252	-	550

ANEXO IX: Distribuição de padrões de ocupação da Bacia da Pampulha, segundo a SUDECAP (1997)

Uso e Ocupação	Área (Km ²)	% na Bacia
1. Arbórea de médio e grande porte contínua	2,75	0,0038
2. Área Cultivada	3,23	0,0045
3. Ocupação urbana não consolidada de padrão médio elevado	13,34	0,0184
4. Ocupação urbana consolidada de padrão médio elevado	19,95	0,0275
5. Lagoa	2.801,69	3,8680
6. Outros padrões de ocupação	65.591,39	96,0778

ANEXO X: Classificação das águas destinadas à balneabilidade segundo Deliberação Normativa do COPAM N°010/86.

Classificação dos Corpos D'água	Coliformes Totais	Coliformes Fecais	Presença de moluscos transmissores potenciais da equistossomose	Sinais de poluição por esgoto perceptível pelo olfato e visão
Excelente (☆☆☆)	1.250/100ml	250/100ml	ausente	ausente
Muito Boa (☆☆)	2.500/100ml	500/100ml	ausente	ausente
Satisfatória (☆)	5.000/100ml	1.000/100ml	ausente	ausente

ANEXO XI: Classificação das Coleções de Águas com base em seus usos predominantes, com os limites estabelecidos das concentrações de diversos parâmetros e substâncias, segundo Deliberação Normativa do COPAM Nº010/86.

Classe	Destinada	Materias flutuantes e espumas não naturais	Coliformes Totais	OD	pH	Fósforo Total	Amônia	Nitrato	Nitrito
1	A.Doméstico ⁽¹⁾ Recreação Irrigação ⁽¹⁾ Aqüicultura	ausente	<200/100ml	>6mg/l	6-9	20 µg.l ⁻¹	25 µg.l ⁻¹	10.000 µg.l ⁻¹	1.000µg.l ⁻¹
2	A.Doméstico ⁽²⁾ Recreação Irrigação ⁽²⁾ Aqüicultura	ausente	<5.000/100ml	>5mg/l	6-9	20 µg.l ⁻¹	25 µg.l ⁻¹	10.000 µg.l ⁻¹	1.000µg.l ⁻¹
3	A.Doméstico ⁽²⁾ Irrigação ⁽³⁾ Dessedimentação de Animais	ausente	<20.000/100ml	>4mg/l	6-9	20 µg.l ⁻¹	25 µg.l ⁻¹	10.000 µg.l ⁻¹	1.000µg.l ⁻¹
4	Navegação Harmonia Paisagística Usos menos exigentes	ausente	*	>2mg/l	6-9	*	*	*	*

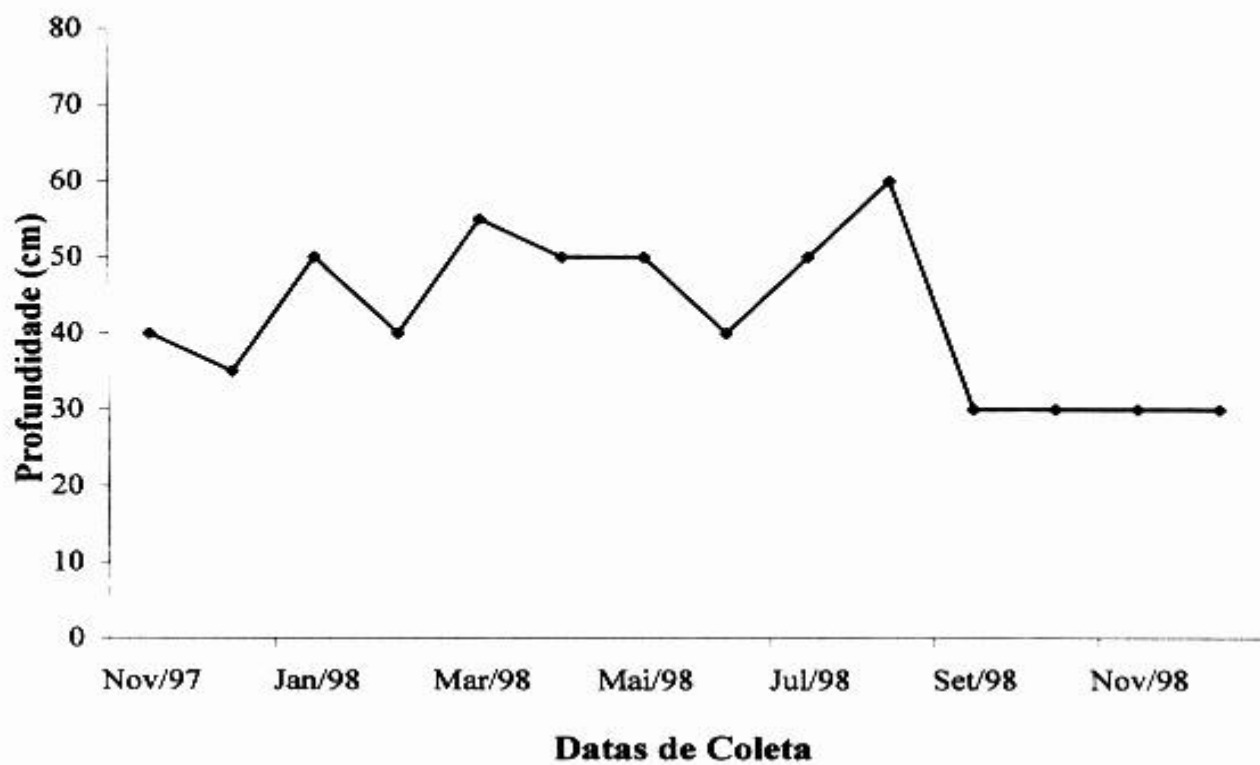
A.Doméstico⁽¹⁾: abastecimento doméstico, após tratamento simplificado

A.Doméstico⁽²⁾: abastecimento doméstico, após tratamento convencional

Irrigação⁽¹⁾: hortaliças que são comidas cruas e frutas que se desenvolvem rente ao solo ou ingeridas cruas sem remoção de película

Irrigação⁽²⁾: hortaliças e plantas frutíferas

Irrigação⁽³⁾: culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras



ANEXO XII : Profundidade do disco de Secchi (cm) (transparência da água) no ponto de coleta na represa da Pampulha de Novembro/97 a Dezembro/98.

