UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

ASPECTOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS DAS ÁGUAS DA BACIA EXPERIMENTAL DO RIO PARDO – REGIÃO DE BOTUCATU, SP

MARIA DE LOURDES CONTE

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura

BOTUCATU-SP
Março – 1999

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

ASPECTOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS DAS ÁGUAS DA BACIA EXPERIMENTAL DO RIO PARDO – REGIÃO DE BOTUCATU, SP

MARIA DE LOURDES CONTE

ORIENTADOR: **Prof. Dr. Paulo Rodolfo Leopoldo**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura

BOTUCATU-SP
Março – 1999

“O Rio da Minha Aldeia”

O Tejo é o mais belo rio que corre pela minha aldeia,
Mas o Tejo não é mais belo que o rio que corre pela minha aldeia
Porque o Tejo não é o rio que corre pela minha aldeia

O Tejo tem grandes navios
E navega nele ainda,
Para aqueles que vêem em tudo o que lá não está
A memória das naus.

O Tejo desce de Espanha
E o Tejo entra no mar em Portugal.
Toda a gente sabe isso.
Mas poucos sabem qual é o rio da minha aldeia
E para onde ele vai
E de onde ele vem.
E por isso, porque pertence a menos gente,
É mais livre e maior o rio da minha aldeia.

Pelo Tejo vai-se para o mundo.
Para além do Tejo há a América
E a fortuna daqueles que a encontraram.
Ninguém nunca pensou no que há para além
Do rio da minha aldeia.

O rio da minha aldeia não faz pensar em nada.
Quem está ao pé dele está só ao pé dele.

Fernando Pessoa (Alberto Caeiro em O Guardador de Rebanhos)

“Combati o bom combate, terminei a minha carreira, guardei a fé.

(2Tm. 4, 7)

Obrigada, SENHOR DEUS

Aos meus pais

Luiz (in memorian) e Luiza

Por terem me dado tudo o que de melhor puderam

Dedico

As minhas irmãs Cida, Inez, Carmem, Ana Maria, ao meu irmão Fernando, aos cunhados e sobrinhos, por quem tenho muito carinho.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Paulo Rodolfo Leopoldo pela orientação, pelo exemplo profissional e humano, pela amizade e constante apoio e colaboração em todas as etapas deste trabalho.

Ao Departamento de Engenharia Rural e à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, que possibilitaram a participação no curso de Pós-Graduação, bem como a realização do presente trabalho de pesquisa.

Ao Prof. Dr. Sérgio Hugo Benez, Coordenador do curso de Pós-Graduação "Energia na Agricultura", bem como aos demais membros do Conselho do Curso, pela colaboração e apoio constantes, e à Maria do Carmo Fernandes D'Aurora pelo atendimento eficiente em todos os momentos e pelo auxílio na elaboração do Summary.

À Casa da Agricultura de Botucatu e de Pardinho, pela colaboração na implantação e desenvolvimento da pesquisa, nas pessoas dos Engenheiros Agrônomos Mário Eduardo Fumes e Cláudio Reinaldo Senger, e particularmente ao Engenheiro Agrônomo Cláudio Vivam Pinto e o auxiliar agropecuário Marcelo Eburneo pela coleta, preservação e transporte de grande parte das amostras de água e pela colaboração nas diferentes etapas da pesquisa.

A minha família, pela colaboração e apoio durante todo o tempo de desenvolvimento deste trabalho, especialmente:

- A meu pai Luiz Conte, grande incentivador e profundo conhecedor da região do Rio Pardo, que dias antes de ficar gravemente doente e falecer, se debruçou comigo sobre os mapas, colhendo subsídios para a elaboração do plano de pesquisa.

- A minha mãe Luiza Benedito Conte, pela compreensão e carinho.

A minha irmã, Profª Drª Ana Maria Conte e Castro pelo apoio, sugestões e colaboração

inestimáveis prestadas em todas as fases deste trabalho. Ao meu sobrinho Cid Henrique Corvino e meu cunhado Alcides Aparecido Corvino, pela efetiva colaboração na determinação da vazão do Rio Pardo. Ao meu irmão Luiz Fernando Conte pelo apoio, incentivo e auxilio na editoração gráfica, e ao meu sobrinho Lucas Conte Gouveia pelo auxílio nos trabalhos de laboratório.

À família Baldini, especialmente ao Joaquim (Didi) Baldini e seu filho Vinício, que permitiram a instalação de um dos principais pontos de aquisição de dados em sua propriedade, bem como pela colaboração na coleta de dados meteorológicos e hidrológicos, pela atenção e colaboração na manutenção dos instrumentos instalados.

A todos os colegas do Departamento de Engenharia Rural, da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, especialmente ao Gilberto Winckler, Sílvio Sabatini Scolastici, Ronaldo Alberto Polo, Pedro Alves, Adão Gomes de Souza, Luiz Lino Sobrinho, pela inestimável colaboração nos trabalhos de implantação e desenvolvimento da pesquisa, pelo apoio e amizade.

Ao CEATOX – Centro de Assistência Toxicológica da UNESP – Câmpus de Botucatu, especialmente ao Prof. Dr. Igor Vassilieff, ao Dr. Alaor Aparecido de Almeida e aos Ms. Denise Zuccari Bissacot e Amauri Mercadante, pelas análises químicas nas amostras de água referentes aos defensivos agrícolas e metais pesados.

À Profª Drª Maria Terezinha Trovarelli Tornero, do Departamento de Bioestatística do IB/UNESP, pela atenção e pelas sugestões no que se refere à apresentação dos dados, e à Profª Drª Maria Lúcia Zuccari pelas sugestões e colaboração.

A todos do Departamento de Ciências do Solo, especialmente ao técnico José Carlos Coelho, pelas análises químicas nas amostras de água referentes aos nutrientes.

À estagiária Andréa Bogatti Guimarães, acadêmica do curso de Engenharia Agronômica da FCA/UNESP-Câmpus de Botucatu, pela amizade e colaboração durante o desenvolvimento da pesquisa.

Aos funcionários da Seção de Pós-Graduação, da Biblioteca, do CINAG e da Seção de Transportes da FCA/UNESP-Câmpus de Botucatu, pela amizade e eficiência no atendimento.

Aos colegas do Departamento de Estudos Geográficos da UNIFAC, pelo constante apoio, incentivo, colaboração e amizade.

Aos professores do curso de Pós-Graduação “Energia na Agricultura” da FCA/UNESP-Câmpus de Botucatu, pelo empenho e capacidade no desenvolvimento das disciplinas que possibilitaram um enriquecimento em termos técnicos e profissionais aos alunos.

Aos demais amigos e colegas pelo convívio e amizade, que de alguma forma colaboraram para o desenvolvimento desta pesquisa.

SUMÁRIO

Página

LISTA DE QUADROS.....X

LISTA DE FIGURAS.....XIII

1. RESUMO.....1

2. SUMMARY.....4

3. INTRODUÇÃO.....7

4. REVISÃO DA LITERATURA.....11

4.1 Visão geral.....11

4.2 Legislação 12

4.3 Aspectos quantitativos.....20

4.4 Aspectos qualitativos.....30

5. MATERIAL E MÉTODOS.....60

5.1 Descrição da área de estudo.....60

5.2 Pontos de coleta de amostras.....65

5.3 Amostragem.....69

5.4 Variáveis estudadas.....71

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....78

6.1 Aspectos quantitativos.....86

6.2 Aspectos qualitativos.....99

6.2.1 Variáveis químicas.....99

6.2.2 Variáveis físico-químicas.....117

7. CONCLUSÕES.....133

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....138

LISTA DE QUADROS

Página

1 - Algumas variáveis e respectivos valores ou limites estabelecidos pela legislação em vigor no Brasil.....17

2 - Resultados das variáveis determinadas nas amostras de água, coletadas mensalmente no Ponto 1, no período de agosto de 1996 a agosto de 1997.....80

3 - Resultados das variáveis determinadas nas amostras de água, coletadas mensalmente no Ponto 2, no período de agosto de 1996 a agosto de 1997 81

4 - Resultados das variáveis determinadas nas amostras de água, coletadas mensalmente no Ponto 3, no período de agosto de 1996 a agosto de 1997.....82

5 - Resultados das variáveis determinadas nas amostras de água, coletadas mensalmente no Ponto 4, no período de agosto de 1996 a agosto de 1997. 83

6 - Resultados das variáveis determinadas nas amostras de água, coletadas mensalmente no Ponto 5, no período de agosto de 1996 a agosto de 1997. 84

7 - Resultados das variáveis determinadas nas amostras de água, coletadas em datas intermediárias, no Ponto 5, no período de agosto de 1996 a setembro de 1997..... 85

8 - Precipitação registrada na Bacia Experimental do Rio Pardo (média dos 3 postos pluviométricos), no período de agosto de 1996 a agosto de 1997.....87

9 - Vazões determinadas nas datas das 28 amostragens realizadas no Ponto 5, no Rio Pardo, no período de 21 de agosto de 1996 a 03 de setembro de 1997.....88

10 - Descargas diárias ($kg.dia^{-1}$) de material sólido em suspensão e de algumas espécies químicas, obtidas nas 28 amostragens realizadas no Ponto 5.....93

11 - Valores médios do material sólido em suspensão e das espécies químicas (principais nutrientes) exportados pela Bacia Experimental do Rio Pardo, observados no período de agosto de 1996 a setembro de 1997.....94

12 - Produção Específica da Bacia Experimental do Rio Pardo, em temos de material sólido em suspensão e das espécies químicas (principais nutrientes), observadas no período de agosto de 1996 a setembro de 1997.....95

13 - Dados relativos aos preços dos nutrientes exportados pela Bacia Experimental do Rio Pardo e a estimativa dos montantes perdidos.....98

14 - Valores de Nitrogênio ($mg.L^{-1}$) verificados nos 5 pontos de amostragens da Bacia Experimental do Rio Pardo 109

15 - Valores de Fósforo ($mg.L^{-1}$) verificados nos 5 pontos de amostragens da Bacia Experimental do Rio Pardo.....110

16 - Valores de Potássio ($mg.L^{-1}$) verificados nos 5 pontos de amostragens da Bacia Experimental do Rio Pardo.....113

17 - Valores de Cálcio ($mg.L^{-1}$) verificados nos 5 pontos de amostragens da Bacia Experimental do Rio Pardo.....114

18 - Valores de Magnésio ($mg.L^{-1}$) verificados nos 5 pontos de amostragens da Bacia Experimental do Rio Pardo.....114

19 - Valores de Enxofre ($mg.L^{-1}$) verificados nos 5 pontos de amostragens da Bacia Experimental do Rio Pardo.....115

20 - Valores da Temperatura do ar (^oC) registrados no momento das amostragens realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo.....119

21 - Valores da Temperatura da água (^oC) registrados no momento das amostragens realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo.....119

22 - Valores de Oxigênio Dissolvido ($mg.L^{-1}$) verificados nos 5 pontos de amostragens da Bacia Experimental do Rio Pardo.....122

23 - Valores de pH verificados nos 5 pontos de amostragens da Bacia Experimental do Rio Pardo.....124

24 - Valores de DQO ($mg.L^{-1}$) verificados nos 5 pontos de amostragens da Bacia Experimental do Rio Pardo.....125

25 - Valores de Condutividade Elétrica ($\mu S.cm^{-1}$) verificados nos 5 pontos de amostragens da Bacia Experimental do Rio Pardo.....127

26 - Valores de Turbidez (NTU) verificados nos 5 pontos de amostragens da Bacia Experimental do Rio Pardo.....129

27 - Valores de Sólidos em Suspensão ($mg.L^{-1}$) verificados nos 5 pontos de amostragens da Bacia Experimental do Rio Pardo.....131

LISTA DE FIGURAS

Página

1 – Mapa da Bacia Experimental do Rio Pardo – região de Botucatu, SP.....62

2 – Aspecto geral do Ponto 1.....66

3 – Aspecto geral do Ponto 2.....66

4 – Aspecto geral do Ponto 3.....67

5 – Aspecto geral do Ponto 4.....68

6 – Aspecto geral do Ponto 5.....69

7 – Coletor de amostra de água.....70

8 – Vista geral da Estação Hidrométrica.....74

9 – Linígrafo modelo LHG – 9s.....75

10 – Curva-chave do Rio Pardo 75

11 – Molinete Hidrométrico Universal 76

12 – Perfil topográfico do Rio Pardo em 23/04/98, no Ponto 5.....77

13 - Precipitação mensal da Bacia Experimental do Rio Pardo (média dos 3 postos pluviométricos), obtida para o período de agosto de 1996 a agosto de1997.....89

14 - Valores de Nitrogênio ($mg.L^{-1}$) observados nas 14 amostragens mensais, realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo.....108

15 - Valores de Fósforo ($mg.L^{-1}$) observados nas 14 amostragens mensais, realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo.....110

16 - Valores de Potássio ($mg.L^{-1}$) observados nas 14 amostragens mensais, realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo.....112

17 - Valores de Cálcio ($mg.L^{-1}$) observados nas 14 amostragens mensais, realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo.....112

18 - Valores de Magnésio ($mg.L^{-1}$) observados nas 14 amostragens mensais, realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo.....113

19 - Valores de Enxofre ($mg.L^{-1}$) observados nas 14 amostragens mensais, realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo.....116

20 - Valores da Temperatura do ar (^oC) observados no momentos das 14 amostragens mensais, realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo.....118

21 - Valores da Temperatura da água (^oC) observados no momento das 14 amostragens mensais, realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo.....118

22 - Valores de Oxigênio Dissolvido ($mg.L^{-1}$) observados nas 14 amostragens mensais, realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo.....121

23 - Valores de pH observados nas 14 amostragens mensais, realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo.....123

24 -Valores de DQO ($mg.L^{-1}$) observados nas 14 amostragens mensais, realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo.....125

25 - Valores de Condutividade Elétrica ($\mu S.cm^{-1}$) observados nas 14 amostragens mensais, realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo.....126

26 - Valores de Turbidez (NTU) observados nas 14 amostragens mensais, realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo.....129

27 - Valores de Sólidos em Suspensão ($mg.L^{-1}$) observados nas 14 amostragens mensais, realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo.....131

1 . RESUMO

A Bacia Experimental do Rio Pardo, localizada na região de Botucatu, Estado de São Paulo, ocupa uma área de 148,76 km^2, tomando-se como saída o local onde se encontra implantada a estação de captação de água de Botucatu. Sendo um dos afluentes do Rio Paranapanema, a Bacia do Rio Pardo pertence ao Comitê da Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema. O Rio Pardo, principal curso de água da Bacia Experimental em estudo, percorre um trecho de cerca de 28,7 km até o ponto considerado como saída da Bacia Experimental, desempenha importante papel, principalmente no abastecimento de água dos municípios de Botucatu e Pardinho.

Este trabalho teve como objetivo, a caracterização de aspectos quantitativos e qualitativos relativos às águas drenadas pela Bacia Experimental do Rio Pardo, em função do aumento na demanda de água gerada pelo crescimento urbano e de áreas irrigadas, bem como em função de fontes pontuais de poluição representadas por lançamento de efluentes domésticos e industriais, e de fontes de origem difusa representadas pelas atividades agropecuárias da região.

Foram coletadas amostras de água em cinco diferentes pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo, nas quais foram determinadas as seguintes variáveis: temperatura do ar e da água, oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio, pH, turbidez, condutividade elétrica, sólidos em suspensão, sólidos sedimentáveis, espécies químicas como os clorados, fosforados, carbamatos, piretróides, mercúrio, chumbo, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, sulfato, cobre, ferro, manganês e zinco, além da determinação da vazão e da precipitação pluviométrica.

O período de amostragem foi de agosto de 1996 a setembro de 1997, obedecendo o seguinte cronograma: 14 amostragens realizadas simultaneamente nos cinco pontos, com intervalos de aproximadamente um mês, e 14 amostragens

intermediárias realizadas no Ponto 5 (saída da bacia), com intervalos de aproximadamente quinze dias entre as amostragens mensais.

Os resultados obtidos mostraram que, em termos qualitativos, as águas da Bacia Experimental do Rio Pardo apresentaram valores abaixo do limite de detecção do método analítico empregado para metais pesados como mercúrio e chumbo, bem como para cobre e zinco, e para defensivos agrícolas como os clorados, fosforados e carbamatos, sendo detectados alguns valores significativos apenas em relação aos piretróides. Com relação às concentrações de ferro e manganês, apenas uma das amostragens apresentou concentrações acima dos valores estabelecidos pela Legislação. Observou-se elevados valores de outros elementos químicos (nutrientes), atribuídos à introdução de efluentes da ETE de Pardinho e à poluição difusa originária da utilização de fertilizantes e corretivos de solo nas áreas agrícolas. O mesmo se observou em relação às variáveis condutividade elétrica, demanda química de oxigênio , pH, sólidos sedimentáveis e sólidos em suspensão, influenciados diretamente pelas práticas conservacionistas. Foram observados baixos valores de oxigênio dissolvido no local de captação de águas para o abastecimento de Pardinho , atribuídos ao fato de se tratar de uma represa de pouca profundidade, muito exposta à radiação solar, propiciando ambiente adequado à proliferação de microorganismos, considerando-se de interesse a avaliação biológica desse local.

Em termos quantitativos, observou-se que, em períodos de baixa vazão, a Bacia Experimental do Rio Pardo apresentou-se, praticamente, no limite de sua capacidade hídrica, no que se refere a demanda pelos seus usuários, o que determinará a médio prazo, a busca de outros mananciais com elevados custos, indicando a necessidade de gestão apropriada e até diferenciada para essa Bacia Hidrográfica.

2 . SUMMARY

QUANTITATIVE AND QUALITATIVE ASPECTS TO THE PARDO RIVER EXPERIMENTAL WATERSHED – REGION OF BOTUCATU/SP. Botucatu, 1999. 156 p. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura), Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista

Author: MARIA DE LOURDES CONTE

Adviser: PAULO RODOLFO LEOPOLDO

The Pardo River Experimental Watershed located in the region of Botucatu, State of São Paulo, occupies an area of 148,76 km^2. Pardo River, the main flow of water of the mentioned Experimental Watershed, runs about 28,7 km to the point considered as the exit of the Experimental Watershed and plays an important role provisioning water to the municipal districts of Botucatu and Pardinho. As one of the Paranapanema River tributaries, the Pardo River Watershed belongs to the Committee of the Hydrographic Basin of Medium Paranapanema.

The aim of this work was to characterize qualitative and quantitative aspects related to the water drained from the Pardo River Experimental Watershed in function of the increasing demand of water generated by urban growth and of irrigated areas, as well as in function of pollution sources represented by domestic and industrial effluent discharge and of diffuse sources represented by local agricultural activities.

Samples of water were collected in five different points of the Pardo River Experimental Watershed and the following variables were determined: air and water temperature, dissolved oxygen, chemistry oxygen demand, pH, turbidity, electric conductivity, solids in suspension, sedimentary solids, agricultural pesticides, chemical species such as mercury, lead, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulfate, copper, iron, manganese and zinc, besides the determination of flow and pluviometric precipitation.

Sampling period was from August 1996 to September 1997, following the cronogram: 14 samplings accomplished simultaneously in the five points, with intervals of approximately one month, and 14 intermediary samplings accomplished in the Point 5 (exit of the basin), with intervals of approximately 15 days among the monthly samplings.

The results showed that, concerning qualitative terms, the waters of the Pardo River Experimental Watershed presented values under the limit of detection of the analytic method employed for heavy metals such as mercury and lead, as well as for copper and zinc, and for agricultural pesticides. Some significant values were detected in relation to cipermetrine. Regarding iron and manganese concentrations, only one of the samplings presented concentrations above the values established by the legislation.

High values of other chemical elements (nutrients) were observed and attributed to the introductions of Pardinhos' ETE effluents and to the diffuse pollution originated from the use of fertilizers and soil correctives in agricultural areas, indicating waste and consequently economical damages. The same was observed concerning the variable electric conductivity, chemistry oxygen demand, pH, solids in suspension and sedimentary solids influenced directly by conservationist activities.

Low values of dissolved oxygen were observed in Point 1 and attributed to the fact of being a dam of little depth, exposed to solar radiation, propitiating appropriate atmosphere to microorganisms proliferation, taking into consideration the biological evaluation of this place.

In quantitative terms, it was observed that the Pardo River Experimental Watershed presented itself in the limit of its hydric capacity on periods of low flow. It was also observed that in function of the increasing demand, it will be determined the search of other springs with high costs, pointing the need of appropriate and differential administration for this watershed.

Keywords: watershed, demand of water, agricultural pesticides, chemical fertilizers.

3 . INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial à vida, ao desenvolvimento econômico e ao bem-estar social, considerado inesgotável em termos de quantidade, uma vez que se renova constantemente através do ciclo hidrológico.

Entretanto, verifica-se um crescimento constante no consumo de água, decorrente do desenvolvimento de atividades industriais, usos domésticos, produção de energia e, principalmente, a maior demanda no setor agropecuário, devido ao aumento das áreas irrigadas. Esses fatos fazem com que a água, principalmente a potável, venha tornando-se um produto cuja crise poderá ser muito grave, em um futuro não muito distante.

Além disso, a qualidade dos recursos hídricos vem sendo comprometida pelo uso, muitas vezes inadequado ao longo da história do ser humano e de seu desenvolvimento. Esse comprometimento passou a ser mais acentuado com o advento da industrialização, do desenvolvimento tecnológico, com a explosão demográfica e com a concentração da população em áreas urbanas, gerando um produto de qualidade degradada e de reutilização imediata inviabilizada economicamente, com conseqüente poluição do meio ambiente.

A preocupação com a degradação e o esgotamento dos recursos hídricos vem sendo tema constante de debates no mundo, principalmente em países como a França, a Alemanha, e Inglaterra, entre outros, que perceberam a necessidade de se implantar legislação específica em relação ao uso da água. A Inglaterra, berço da Revolução Industrial,

foi o primeiro país a perceber os efeitos da poluição, estabelecendo, com o passar dos tempos, uma série de normas e proibições sobre a poluição atmosférica e os recursos hídricos, e só mais recentemente outros países seguiram esse exemplo.

No Brasil, a gestão dos recursos hídricos tem merecido, nos últimos anos, ampla discussão em função da degradação qualitativa e quantitativa desses recursos. No início, essa discussão detinha-se em torno de problemas relacionados à produção energética, ao armazenamento e contenção das cheias, através da construção de barragens. Em um segundo momento, a preocupação foi com o controle dos despejos industriais e domésticos, que via de regra, são jogados “in natura” nos cursos de água.

Avançando mais nessa discussão, verificou-se a necessidade de se pensar em termos de desenvolvimento sustentado, onde as decisões devem ser descentralizadas, mas integralizadas e participativas, tendo sido recomendada, tanto pela Legislação sobre Recursos Hídricos como pela comunidade científica, a utilização de uma abordagem integrada envolvendo a bacia de drenagem e o conceito de ecossistema, para o planejamento e gerenciamento dessas unidades de trabalho.

Com base na experiência internacional, principalmente a francesa, o Estado de São Paulo vem implementando o Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, que tem como características fundamentais o planejamento integrado e a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão, e a formação de grupos de trabalho, os Comitês de Bacias Hidrográficas, para tomada de decisões, envolvendo representantes do poder público e da sociedade civil organizada, entre elas as universidades.

Dentro deste contexto, os grupos envolvidos nas questões relativas à água, devem estar conscientes de seu papel e colaborar efetivamente para o êxito das propostas visando o uso e manejo adequados dos recurso hídricos.

O presente trabalho, tem, portanto, como objetivo principal a caracterização de aspectos quantitativos, como a descarga sólida e a produção específica, além da determinação da vazão e da precipitação pluviométrica, e qualitativos, envolvendo as variáveis temperatura do ar e da água, oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio, pH, turbidez, condutividade elétrica, sólidos em suspensão, sólidos sedimentáveis, espécies químicas como os clorados, fosforados, carbamatos, piretróides, mercúrio, chumbo, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, sulfato, cobre, ferro, manganês e zinco, aspectos esses relativos às águas drenadas pela Bacia Experimental do Rio Pardo (região de Botucatu e Pardinho), em função do crescimento urbano em áreas de mananciais e áreas consumidoras, além de lançamento de efluentes e poluição difusa em conseqüência do manejo das áreas agrícolas dos dois municípios envolvidos.

Ressalta-se ainda que, a região de Botucatu e Pardinho têm suas áreas distribuídas em três regiões fisiográficas distintas, ou seja Depressão Periférica, Frente da "Cuesta" e Reverso da "Cuesta" ou Planalto Ocidental do Estado de São Paulo, com diferenças de altitude de até 500 m, e sendo que as cidades de Botucatu e Pardinho localizam-se nas partes mais altas. O rio Pardo constitui-se na única fonte de abastecimento de água superficial economicamente viável, devido, principalmente, a essa diferença de altitude.

Assim, considera-se que o levantamento de dados relativos a esses aspectos, analisados de forma descritiva, possam contribuir para a formação de um banco de dados, que poderá ser utilizado ou complementado por outras pesquisas.

Além disso, com os resultados deste trabalho, pretende-se dar uma contribuição efetiva para a questão dos recursos hídricos da região de Botucatu e Pardinho, podendo ser utilizados no Programa de Microbacias, implementado pela Casa da Agricultura, bem como por órgãos como DEPRN-Departamento Estadual de Proteção dos Recursos Naturais, CETESB-Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, SABESP-Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, COMDEMA-Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente e pelos Comitês de Bacias Hidrográficas, em cujas normas preconizam a participação e colaboração de entidades civis, dentre as quais as universidades, identificadas como agentes envolvidos no processo.

4 . REVISÃO DA LITERATURA

4.1 Visão geral

Com o incremento da produção em todos os setores, da agricultura à eletrônica avançada, o mundo passou a sentir necessidade de quantidades cada vez maior de água de boa qualidade. O Brasil possui uma das mais extensas e densas redes hidrográficas do mundo, no entanto, esse potencial, irregularmente distribuído, mostra sinais que descaracterizam a água como um bem renovável em algumas regiões Brasileiras, principalmente naquelas mais povoadas.

Rebouças (1997), referindo-se a essa problemática, diz que “a maior prioridade nacional em recursos hídricos e saneamento é a reversão urgente do dramático quadro de desperdício e poluição dos corpos de água, para níveis compatíveis com a sustentabilidade”.

A literatura especializada sobre recursos hídricos é vasta, tanto nacional como aquela publicada no exterior. Nesses trabalhos são abordados aspectos quantitativos, qualitativos e de gerenciamento dos recursos hídricos, bem como aspectos legais e de controle. Dessa literatura selecionou-se os trabalhos julgados de maior importância, dentro dos objetivos propostos.

Assim, neste Capítulo, procurou-se agrupá-los segundo as principais linhas de interesse, e com isso, facilitar o desenvolvimento do presente trabalho.

4.2 Legislação

Sendo indispensável à manutenção da vida na Terra, a água vêm despertando preocupação no que se refere aos aspectos quantitativos e qualitativos, e em conseqüência, houve a necessidade de se estabelecer leis e normas que regulamentassem a utilização desse bem ecológico de importância fundamental.

Aspectos ligados à legislação específica sobre recursos hídricos e meio ambiente podem ser verificados em Conte & Leopoldo (1998), onde são citados vários autores que abordaram temas ligados ao direito ecológico internacional.

O primeiro país a se preocupar com problemas ambientais foi a Inglaterra, que a partir da Revolução Industrial, passou a sofrer os efeitos da poluição, viu-se compelida a estabelecer uma série de normas e proibições sobre a poluição atmosférica e recursos hídricos, que segundo Costa Jr. & Gregóri (1981), estão reunidas em lei de 1876, a "River pollution prevention act".

Porém, as mais importantes leis só começaram a ser implantadas por volta da década de 60, e principalmente depois da Primeira Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada em Estocolmo na Suécia em 1972. A partir dessa Conferência, surgiu o conceito de desenvolvimento sustentado e com ele, os planos econômicos de muitos governos e empresas começaram a levar em conta, aspectos ligados ao meio ambiente (Conte & Leopoldo, 1998). No entanto, o agravamento dos problemas ambientais levou à realização da Segunda Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Brasil, na cidade do Rio de Janeiro, em 1992, a Rio-92, como se tornou conhecida, e, segundo Rebouças (1997), teve como principal

resultado, a Agenda 21, que se trata de um documento com 40 capítulos, onde foi proposto um novo paradigma em termos de desenvolvimento econômico.

A partir desses importantes eventos, surgem novas normas visando alcançar a sustentabilidade ambiental e a melhoria da qualidade de vida da sociedade (Rebouças, 1997), dando ênfase especial à eficiência e ao controle de qualidade, através da implantação da ISO 9.000, Selo Verde, ISO 14.000, e uma legislação mais rigorosa em termos da gestão ambiental.

Com relação à legislação existente no Brasil, a Constituição Federal promulgada em 1988, em seu Capítulo VI. artigo 225, referente ao meio ambiente, dispõe sobre as diretrizes básicas da política ambiental em todo o território nacional (Brasil, 1995).

Porém, já em 1934 havia preocupação com os recursos hídricos, sendo que o Decreto nº 24.643 de 10 de julho daquele mesmo ano (o Código da Água), passou a regulamentar a utilização e dispor sobre a classificação dos corpos de água, dando ênfase ao aproveitamento do potencial fluvial para a geração de energia elétrica, necessária à atividade industrial que se implantava no País. O Código da Água, que não foi totalmente implantado, formula alguns princípios para o uso múltiplo e para a qualidade dos recursos hídricos (São Paulo, 1995).

No entanto, só recentemente, com a aprovação da Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997, o Brasil passa a ter uma política de recursos hídricos. Essa Lei dá as diretrizes de organização do setor de planejamento e gestão dos recursos hídricos, em âmbito nacional, implementando mecanismos que possibilitem tornar este recurso natural disponível, em quantidade e qualidade à toda sociedade Brasileira (ABRH,1997; Cabral, 1997).

Ainda no âmbito nacional, a Resolução nº 20 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, de 18 de junho de 1986, (Brasil, 1995), estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Brasil, que segundo seus usos preponderantes, são enquadradas em 9 classes, dentro de limites e condições indispensáveis, visando os diferentes usos e o equilíbrio ecológico dos corpos de água.

As águas doces são classificadas em 5 classes, ou seja, classe especial e classes 1, 2, 3 e 4, de acordo com sua qualidade e condições de utilização, que assim podem ser descritas:

- Classe Especial - águas destinadas:

a) ao abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção;

b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

- Classe 1 - águas destinadas:

a) ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado;

b) `a proteção das comunidades aquáticas;

c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);

d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;

e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

Classe 2 - águas destinadas:

a) ao abastecimento doméstico após tratamento convencional;

b) `a proteção das comunidades aquáticas;

c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);

d) à irrigação de hortaliças e plantas frutífera;

e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

Classe 3 - águas destinadas:

a) ao abastecimento doméstico após tratamento convencional;

b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;

c) à dessedentação de animais.

Classe 4 - águas destinadas:

a) à navegação;

b) à harmonia paisagística;

c) aos usos menos exigentes.

Essa Resolução estabelece os teores máximos permitidos de substâncias químicas potencialmente prejudiciais, além de valores relativos à parâmetros físico-químicos e biológicos. Alguns desses valores podem ser observados no Quadro 1.

A Portaria nº 36 do Ministério da Saúde, publicada no Diário Oficial da União, em 23 de janeiro de 1990, (Brasil, 1990), estabelece normas e o padrão de

Potabilidade da Água destinada ao consumo humano, para todo o Brasil. Segundo essa Portaria, a água potável destinada ao abastecimento das populações humanas deve atender às normas e padrões estabelecidos em relação às características físicas, organolépticas, químicas, bacteriológicas, e radioativas estabelecidos.

O padrão aprovado pela Portaria nº 36 do Ministério da Saúde, constitui o limite máximo para cada elemento ou substância química, "não estando considerados eventuais efeitos sinérgicos entre eles e outros elementos ou substâncias. Verificados tais efeitos, comprovadamente prejudiciais à saúde, os limites estabelecidos deverão ser reavaliados".

A título de exemplo, organizou-se o Quadro 1, onde constam algumas variáveis e respectivos valores ou limites máximos estabelecidos pela legislação em vigor no Brasil, ou seja, aqueles estabelecidos pela Portaria nº 36/GM que dispõe sobre a Potabilidade (Brasil, 1990), e pela Resolução nº 20 do CONAMA (Brasil, 1995).

QUADRO 1 – Algumas variáveis e respectivos valores ou limites estabelecidos pela legislação em vigor no Brasil

VARIÁVEIS	Portaria nº 36/GM (Potabilidade)	Resolução nº 20 do CONAMA			
		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
pH	6,5 a 8,5	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Turbidez (NTU)	1 a 5	Até 40	até 100	até 100	
OD ($mg.L^{-1}$)		6,0	5,0	4,0	2,0
STD ($mg.L^{-1}$)	1000	500	500	500	
Compostos orgânicos (alguns) ($\mu g.L^{-1}$)					
Aldrin	0,03	0,01	0,01	0,03	
Clordano		0,04	0,04	0,3	
Dieldrin	0,03	0,005	0,005	0,03	
DDT	1,0	0,002	0,002	1,0	
DDE	1,0				
Endrin		0.004	0,004	0,2	
Mercúrio ($mg.L^{-1}$)	0,001	0,0002	0,0002	0,002	
Chumbo ($mg.L^{-1}$)	0,05	0,03	0,03	0,05	
Nitrato ($mg.L^{-1}$)	10,0	10,0	10,0	10,0	
Nitrito ($mg.L^{-1}$)		1,0	1,0	1,0	
P total ($mg.L^{-1}$)		0,025	0,025		
Sulfato ($mg.L^{-1}$)	400,0	250,0	250,0	250,0	
Fe total ($mg.L^{-1}$) Fe Solúvel ($mg.L^{-1}$)	0,3	0,3	0,3	5,0	
Zinco ($mg.L^{-1}$)	5,0	0,18	0,18	5,0	
Cobre ($mg.L^{-1}$)		0,02	0,02	0,05	
Manganês ($mg.L^{-1}$)	0,1	0,1	0,1	0,5	

O Estado de São Paulo passou, nas últimas décadas, por intenso processo de desenvolvimento econômico e com isso deixou profundas marcas em seus rios. Com a promulgação da Constituição Estadual em 1989, foram criados importantes dispositivos legais, que possibilitam o efetivo controle das águas. Dentro do Capítulo IV, referente ao Meio Ambiente, Recursos Naturais e Saneamento, encontram-se, na Seção II

(Dos Recursos Hídricos), os Artigos de 205 a 213, que dão os princípios fundamentais de gerenciamento dos recursos hídricos do Estado de São Paulo. Esse gerenciamento deverá ser efetivado de forma descentralizada, participativa e integrada (São Paulo, 1994).

Com a aprovação da Lei Estadual 7.663/91, estabeleceu-se normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos, bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIGRH). Um dos princípios estabelecidos por essa Política, foi o da adoção da bacia hidrográfica como unidade físico-territorial de planejamento e gerenciamento (São Paulo, 1994).

Nessa mesma Lei Estadual 7.663/91, encontram-se outros aspectos de interesse ao presente trabalho:

Assim, pode-se citar o Artigo 32 que se refere à possibilidade de o Estado delegar aos Municípios a autonomia para organizar-se técnica e administrativamente, com a finalidade de gerenciamento dos recursos hídricos de interesse exclusivamente local, compreendendo, dentre outros, as bacias hidrográficas e os aqüíferos da área (São Paulo, 1994).

O Artigo 34 prevê a participação e a colaboração de diferentes entidades, dentre as quais as universidades, como unidade de apoio ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIGRH).

No Artigo 6 das Disposições Transitórias da Lei Estadual 7.663/91, são definidos outros aspectos de interesse à região da realização do presente estudo, já que esta se encontra parcialmente inserida na APA de Botucatu (Tornero, 1995). O Artigo 6 é assim redigido: “Os Municípios que sofrem restrições ao seu desenvolvimento em razão da implantação de áreas de proteção ambiental, por decreto, até a promulgação da presente Lei,

serão compensados financeiramente pelo Estado, em conformidade com lei específica, desde que essas áreas tenham como objeto a proteção dos recursos hídricos e sejam discriminadas no Plano Estadual de Recursos Hídricos".

Outro enfoque importante que pode ser destacado é aquele encontrado no Artigo 8 das mesmas Disposições Transitórias da Lei Estadual 7.663/91, que no inciso I é indicada uma das fases destinadas à implantação da cobrança pelo uso da água, e que é assim descrito: "- desenvolvimento, a partir de 1991, de programa de comunicação social sobre a necessidade econômica, social e ambiental, da utilização racional e proteção da água, com ênfase para a educação ambiental, dirigida para o primeiro e segundos ciclos".

O Decreto nº 36.787, de 18 de maio de 1993, que adapta o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CRH) e o Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos (CORHI), contém a lista dos grandes Grupos de Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo (São Paulo, 1994).

A relação dos municípios contidos nos Grupos de Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo, conforme a Divisão Hidrográfica aprovada pelo CRH em 25/11/1993 e Decreto nº 38.455 de 21/03/1994 (São Paulo, 1994), enquadra o Município de Botucatu no Quinto Grupo, ou seja, na Bacia do Sorocaba/Médio Tietê, já que a sede do município está localizada em área desta Bacia. No entanto, a cidade de Botucatu é abastecida pelas águas do Rio Pardo, cuja nascente se localiza no município de Pardinho, e sendo afluente do Paranapanema, faz parte do Segundo Grupo, referente à Bacia do Médio Paranapanema (São Paulo, 1994). Conforme já observado, economicamente a Bacia Experimental do Rio Pardo tem maior interesse, no que se refere, principalmente, ao abastecimento público da cidade de Botucatu. Nesse sentido, é necessário a formação de um grupo de trabalho entre os

municípios de Botucatu e Pardinho, visando-se o manejo adequado para Bacia Experimental do Rio Pardo.

4.3 Aspectos quantitativos

Embora considerada um dos elementos mais abundantes da natureza, já que mais de 70% da superfície terrestre se compõe de água, estima-se que 97% do total seja salgada, formando os oceanos e mares, e que 2% formam as geleiras, restam apenas 1% de água doce, distribuída de forma desigual na Terra, formando os rios, lagos e as águas subterrâneas. No Brasil encontram-se 8% de toda a reserva de água, também desigualmente distribuídas, já que 80% da água doce do país estão em áreas da Região Amazônica onde se tem 5% da população, e os 20% restantes que são destinadas ao abastecimento das demais regiões, onde se concentram 95% da população Brasileira. (Deffune, 1994; Assis, 1997).

Segundo relatos da UNESCO (Correio da UNESCO, 1985), desde o início do século XX, o consumo de água doce no mundo aumentou mais de sete vezes, chegando, atualmente, perto de 3.000 km^3 anuais, e mais grave ainda é a previsão de que, por volta do ano 2015, estima-se que o consumo deverá aumentar em 50%, o que fatalmente irá gerar uma situação crítica frente a essa situação (Deffune, 1994).

Ainda, segundo dados da ONU, conforme citado em CREA-PR (1998), em 2.005 vai faltar água para dois terços da população mundial, verificando-se que na atualidade, em mais de 70 diferentes regiões da África e Oriente Médio, pessoas já “brigam por um pote de água”.

Analisando outros aspectos da escassez e aumento na demanda dos recursos hídricos no mundo, Deffune (1994) diz que a exploração desses recursos, especialmente nas regiões áridas, tem levado os estoques próximos ao esgotamento. Segundo a autora, rios como o Nilo, Tigre, Colorado e ainda "alguns da Índia, México e da África" já se encontram nesta situação crítica, face ao excesso na demanda. Cita também, que um terço dos poços da China estão secos, em conseqüência do abaixamento do lençol freático em até 2 metros por ano. A autora observa ainda que o crescente ressecamento do Mar de Aral, na ex-União Soviética, cujo nível já abaixou 15 metros e em alguns locais suas margens recuaram até 120 km, devido à utilização das águas dos rios Amudária e Sirdária que abastecem o Aral, e que foram desviadas para irrigação.

Citando os pesquisadores Falkenmark & Widstrand, Deffune (1994) comenta que os Estados Unidos da América do Norte possuem uma reserva de água doce 65 vezes maior que o norte da África, ainda que esta última tenha a metade da população. Segundo os mesmos pesquisadores, suas projeções mostraram que, para o ano 2025, o Peru será o país mais sacrificado da América do Sul, enquanto que o Brasil tem condições mais "favoráveis" quanto à disponibilidade hídrica, embora esteja proporcionando uma crescente contaminação de suas fontes, tornando-as impróprias a diversos usos, principalmente aqueles destinados ao consumo humano. Esse conceito de "condições mais favoráveis" de que tratam os autores precisa ser revisto, uma vez que o Brasil embora possua um dos maiores potenciais hídricos, esses recursos estão distribuídos de forma irregular em seu território, concentrando-se principalmente na Região Norte, onde a densidade populacional é a menor entre as demais regiões brasileiras.

Rebouças (1997) ao abordar o tema sobre os recursos da água, de que trata a Agenda 21, principal resultado da Conferência da Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento - Rio 92, critica, de certa forma, a pretensa "crise da água" que poderá se dar no Século 21. Para o autor, essa "crise" interessa a alguns que pretendem transformar "escassez em vantagens, aproveitando-se, sobretudo, da pobreza política da sociedade em geral". Salienta, no entanto, que alguns avanços já são perceptíveis, como a incorporação por grande parte da sociedade do conceito de desenvolvimento sustentado, dentro de uma visão holística, em termos de manejo de bacia hidrográfica. Para o autor, essa nova forma de pensar facilita a implantação da proposta de gerenciamento integrado, visando o uso e proteção dos recursos hídricos.

Além dessas questões teóricas, Rebouças (1997) faz uma análise aprofundada sobre a disponibilidade hídrica de cada região Brasileira, comparando-as com outras regiões do mundo. Assim, o autor comenta que, enquanto um cidadão pernambucano, o mais pobre em água no Brasil, dispõe de 1.320 $m^3.hab^{-1}.ano^{-1}$, um alemão dispõe de 1.160 $m^3.hab^{-1}.ano^{-1}$, e que um paulista (3.135 $m^3.hab^{-1}.ano^{-1}$) tem potenciais equivalentes a um cidadão francês (3.030 $m^3.hab^{-1}.ano^{-1}$). Lembra também que a disponibilidade de 2.000 $m^3.hab^{-1}.ano^{-1}$ é o limite considerado razoável pela OMS.

Com relação à disponibilidade social de água, Rebouças (1997) verifica que no Leste de Pernambuco essa disponibilidade é cerca de 2 vezes superior à de Israel, enquanto que na UP_6 (unidade geo-econômica de planejamento da SUDENE - bacia do Parnaíba) a disponibilidade social é de 11.942 $m^3.ano^{-1}$, ou seja, cerca de 32 vezes maior que a de Israel que é estimada em torno de 400 $m^3.ano^{-1}$. Segundo o autor, a escassez de água nas citadas bacias Brasileiras resulta, principalmente, das precárias condições de uso inadequado

dos potenciais hídricos de que dispõem, concluindo que “há necessidade imperiosa de gerenciamento da água disponível, principalmente em termos de sua demanda, controle de desperdícios e procura inadiável de otimização de usos”.

Porém, levando-se em consideração o princípio de que a água deverá estar disponível “onde e quando” for necessária (Pessoa, 1989), a literatura traz inúmeros exemplos de escassez verificados no Brasil, mesmo naquelas regiões possuidoras de um potencial hídrico privilegiado, como o Estado de São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

No Estado de São Paulo pode-se citar o caso da região metropolitana de sua Capital, que deverá, futuramente, apresentar sérias dificuldades face à demanda urbana conforme análise feita por Ajzemberg & Airoldi (1995). De acordo com as observações destes autores, a vazão total dos mananciais que atualmente abastecem a Grande São Paulo, é calculada como sendo de 40,4 $m^3.s^{-1}$. Entretanto, por volta do ano 2000, suas necessidades deverão chegar a 53 $m^3.s^{-1}$, com previsão de que para o ano 2020 as mesmas atingirão o valor de 68 $m^3.s^{-1}$, obrigando os órgãos competentes a buscarem novas fontes de abastecimento para satisfazer a demanda estimada, se mostra como uma tarefa complexa envolvendo aspectos técnicos, econômicos e ambientais.

Outro exemplo verificado no Estado de São Paulo é aquele apresentado por Arce (1990), na região de Guaíra, onde em uma área irrigada de aproximadamente 15. 000 ha, práticas agrícolas modernas da irrigação através de sistemas do tipo pivô central, tem sido dificultada pela falta de planejamento na implantação de tais sistemas, causando uma escassez relativa de água, com ocorrência de sistemas ociosos, adquiridos sem prévio conhecimento da real disponibilidade hídrica da região.

Ainda no Estado de São Paulo, Leopoldo & Herrera (1997), preocupando-se com o aumento na demanda em água potável em Botucatu, analisaram dados de volumes de água produzidos e consumidos, índices de perdas e crescimento da população, concluindo que a estação de tratamento de água instalada e mantida pela SABESP em Botucatu, terá capacidade de atender as suas necessidades até o ano 2007.

Entretanto, segundo observações de Herrera & Leopoldo (1997), as perdas de águas tratadas, ocorridas no sistema de abastecimento de Botucatu no ano de 1995 foi de 36,59% , índice superior aquele verificado para a região da Grande São Paulo, que é de 32,0% (Grega Filho & Bombonatto Jr., 1993). O percentual de perdas foi calculado pelo volume total de água tratada produzido pela ETA de Botucatu e por aquele consumido pela população.

Segundo Herrera et al. (1998), o volume de água perdido em 1995 em Botucatu, eqüivale, em termos monetários e considerando-se as tarifas mínimas vigentes na época, a quantia de US$ 6.328.231,00.

Este é um aspecto importante a ser observado, uma vez que envolve custos e volumes consideráveis de água desperdiçada, e que segundo Herrera & Leopoldo (1997) e Herrera et al. (1998), precisa ser solucionado, para se atingir maior eficiência e adequação aos novos princípios de uso e manejo dos recursos hídricos.

O Estado do Rio Grande do Sul vem se mobilizando, já a algumas décadas, no sentido de recuperar e preservar seus recursos hídricos, com a implantação de programas de monitoramento, e mais tarde, implantando os Comitês de Bacias Hidrográficas. Segundo Campani (1996), a bacia do Rio dos Sinos teve seu Comitê criado em 1988 e a bacia do Rio Gravataí em 1989, tendo em vista o estado de degradação em que se encontravam,

além do aumento na demanda que provocou a interrupção no fornecimento de água potável em diversas cidades no período de verão. Campani (1996) comenta ainda, aspectos relativos aos diferentes usos da água do Rio Gravataí, sendo que a irrigação de culturas, principalmente do arroz, e a aquicultura são responsáveis por um consumo de 19,24 $m^3.s^{-1}$. nos meses de janeiro a março. O autor relata também que de uma produção média anual de 39,45 $m^3.s^{-1}$. , o consumo anual, incluindo os vários usos, é superior a 8,0 $m^3.s^{-1}$, sendo que na época de maior demanda da cultura de arroz, esta pode consumir até 57,35% das águas da bacia.

Krebs et al. (1997) em estudos realizados na bacia hidrográfica do Rio Araranguá, no Estado de Santa Catarina, referentes à disponibilidade hídrica, observaram que grande parte das águas próprias para o abastecimento e consumo humano, vem sendo utilizada para fins “menos nobres” como irrigação, dessedentação de animais e abastecimento industrial. Observaram ainda que, na época de estiagem (outubro a dezembro), em vários rios da referida bacia onde existem extensas áreas de cultivo de arroz, houve redução nos valores de vazão. Segundo os autores, esta constatação indica que poderá ocorrer um grande colapso no abastecimento.

Outros aspectos relativos à disponibilidade e quantidade da água podem ser observados em Albizuri & Bianco (1997); Leal & La Rovere (1997); Kelman (1997a) e Kelman (1997b).

Em Albizuri & Bianco (1997) encontram-se referências ao processo de barramento de rios para fins de obtenção de energia elétrica, e as alterações que se instalam no corpo de água. Dentre as conclusões, encontram-se aquelas relacionadas à preocupação com o controle do uso e ocupação das margens, que além de poder influenciar na qualidade da água,

poderá alterar o regime hídrico do reservatório, o que certamente acarretará em despesas na geração de energia elétrica.

Leal & La Rovere (1997) em seu trabalho sobre a gestão dos recursos hídricos, apontam diversas etapas a serem seguidas para o êxito do modelo que está sendo implantado no Brasil. Na etapa denominada Diagnóstico Dinâmico da Bacia, uma das mais importantes observações a ser seguida é aquela referente às demandas setoriais atuais e futuras da água, tanto em relação à quantidade quanto em qualidade.

A preocupação com as demandas quantitativas e qualitativas também estão presentes em Kelman (1997a), quando propõe uma metodologia para avaliar a disponibilidade hídrica em cada segmento de rio, com a finalidade de se implantar o sistema da outorga de direito ao uso da água, previsto na Lei 9433/97.

Kelman (1997b) aborda um dos temas mais polêmicos da Lei 9433/97, ou seja, a cobrança pelo uso da água. Segundo o autor, a cobrança pelo uso da água deve ser feito quando da emissão da outorga pelo direito de uso. Os recursos gerados se destinariam a cobrir custos operacionais, tendo-se em vista a necessidade de se efetuar levantamentos relativos à disponibilidade hídrica em termos quantitativos e qualitativos, entre outros procedimentos requeridos quando da implantação do gerenciamento em bacias hidrográficas.

A gestão dos recursos hídricos envolve ainda aspectos relacionados ao uso e manejo do solo de bacias hidrográficas e suas implicações no que se refere ao próprio solo e ao manejo das águas, sejam aquelas provenientes das precipitações, da irrigação ou águas naturais dos rios dessas bacias. Assim, quando o uso do solo, bem como as práticas conservacionistas, são feitas de forma inadequada, poderá ocasionar sérios problemas, como perdas de consideráveis volumes de solo, geralmente solo arável, rico em matéria orgânica, e

perdas de fertilizantes, que além de provocar assoreamento de rios e reservatórios, são responsáveis pelo surgimento de voçorocas (Henry & Gouveia, 1993; Carvalho, 1994; Hora, 1998; Conte e Castro et al., 1998).

Em Carvalho (1994), encontram-se considerações sobre perdas de solo que ocorrem na natureza, e que tem sido acelerada e intensificada pela atividade antrópica, destacando-se o uso inadequado do solo, os desmatamentos e a urbanização. Carvalho (1994) comenta que o conhecimento desses mecanismos, em especial, do transporte de sedimentos pelo escoamento das águas, é essencial para a interpretação e solução desses problemas. Segundo o mesmo autor, as características individuais da água e dos sedimentos e seu inter-relacionamento influenciam diretamente o tipo e o volume do material erodido e transportado e as formas de deposição.

Carvalho (1994) traz ainda, estudos de processos sedimentológicos, incluindo fundamentos de hidrossedimentologia, erosão, transporte de sedimentos, procedimento de cálculos da descarga sólida, aspectos relativos ao controle de sedimentos e previsão de assoreamento em reservatórios, entre outros.

Outra questão a ser observada quanto ao uso e manejo do solo de forma inadequada, é aquela relativa à qualidade da água, uma vez que por ocasião da ocorrência de chuvas, essas águas chegam aos rios transportando grandes quantidades de partículas de solo, restos de culturas, lixo e outros poluentes, podendo ainda causar contaminação por agrotóxicos e eutrofização dos corpos de água (Branco, 1986; Conte e Castro et al., 1998) .

As partículas de solo assim transportadas aos corpos de água, além de provocar assoreamento de reservatórios ou do próprio leito do rio, podem danificar os

equipamentos (bombas de recalque, turbinas) e onerar os processos de tratamento de água ou de produção de energia elétrica (Carvalho, 1994).

A descarga ou transporte diário do material sólido em suspensão e de elementos químicos, como os nutrientes, pode ser calculada através do produto da vazão pela concentração diária das referidas variáveis (Carvalho, 1994, Hora, 1998), através de equação do tipo:

$$Qx = 0{,}0864 \cdot Q \cdot C \quad \text{.....(1)}$$

onde:

Qx = descarga sólida, em $t.dia^{-1}$

0,0864 = constante envolvendo transformações de unidades

Q = vazão líquida, em $m^3.s^{-1}$

C = concentração da variável, em $mg.L^{-1}$

A produção específica é outro dado importante a ser verificado no estudo de bacias hidrográficas. A produção específica é calculada pela razão entre a descarga média anual das variáveis e a área de drenagem da respectiva bacia, podendo ser apresentada em $t.km^2.ano^{-1}$ ou $kg.\ km^2.ano^{-1}$ (Hora, 1998).

Henry & Gouveia (1993) detectaram valores de sólidos em suspensão entre 1 $t.km^2.ano^{-1}$ e 42 $t.km^2.ano^{-1}$ nos estudos desenvolvidos em 10 bacias tributárias do Rio Paranapanema, que, segundo os autores, embora não obtendo êxito na correlação entre as características dos solos e exportação de nutrientes e sólidos em suspensão, novas pesquisas devem ser implementadas para avaliar a influência dos usos das bacias estudadas.

Henry & Gouveia (1993) demonstraram que 90% da carga de sedimentos ficou retida no reservatório (Represa do Jurumirim), e desta forma, considerando-se os valores da carga de sólidos em suspensão verificados no Rio Pardo (um dos afluentes do Paranapanena e objeto de estudos do presente trabalho), recomenda-se a realização de estudos sedimentológicos, com a finalidade de se verificar o grau de assoreamento dos reservatórios destinados aos abastecimentos das cidades de Botucatu e Pardinho, bem como naqueles destinados a outros fins, como irrigação.

Em estudos realizados por Hora (1998) na bacia do Paraíba do Sul, foram detectados valores mínimos de 8,5 $t.km^2.ano^{-1}$ no trecho superior do rio e valores de 2.514 $t.km^2.ano^{-1}$ no trecho próximo a cidade de Campos. Segundo a autora, a alta produção específica verificada nesse trecho é causada pela degradação da cobertura vegetal, intensa prática agrícola não-conservacionista, extração de areia e ocupação urbana.

Carvalho & Cunha (1998) apresentaram os rios com os mais elevados valores de produção específica: Huangho/Yellow = 2.130 $t.km^2.ano^{-1}$; Ganges/Brahmaputra = 1.128 $t.km^2.ano^{-1}$; Chang Jiang/Yangtzé = 246 $t.km^2.ano^{-1}$, rios estes localizados em regiões da China e Índia, e o Amazonas = 190 $t.km^2.ano^{-1}$, relacionando-os às práticas de manejo do solo.

Segundo Carvalho & Cunha (1998), o Rio Amazonas transporta uma das maiores cargas sólidas do mundo, chegando a 1.161×10^6 $t.ano^{-1}$. Entretanto, os autores verificaram que o Amazonas, embora seja o maior rio do mundo, tanto em extensão quanto em vazão, estava em terceiro lugar em termos de transporte de material em suspensão. Segundo os mesmos autores, o rio Ganges/Brahmaputra com índice de transporte de sólidos de 1.670×10^6 $t.ano^{-1}$, é responsável pela formação do maior delta do mundo; o Huangho/Yellow com

descarga de 1.640 x 10^6 t.ano^{-1}, situado em segundo lugar, e o Chang Jiang/Yangtzé (478 x 10^6 t.ano^{-1}) em quarto lugar na quantidade de sedimentos transportados.

Carvalho & Cunha (1998) ressaltaram ainda que a responsabilidade pelo aumento da degradação das bacias chinesas, assim como aquelas que se verificam em outras partes do mundo, cabe à atividade antrópica. Os autores alertam para os problemas do desmatamento e expansão da área agrícola que expõem o solo a um processo erosivo mais intenso, o que certamente acarretará em cargas sólidas mais elevadas nas águas do Rio Amazonas. Essas considerações podem perfeitamente ser aplicadas à outras bacias, como é o caso da Bacia Experimental do Rio Pardo.

4.4 Aspectos qualitativos

As pesquisas que se destinam a analisar a qualidade da água, estão voltadas, principalmente, às águas superficiais, ou seja, rios, lagos e represas, uma vez que são estas atualmente, sob o ponto de vista econômico, as principais fontes de abastecimento. Em tais análises, como pode ser verificado na literatura, a qualidade da água é definida em função de variáveis físicas, químicas e biológicas.

Ressalta-se ainda que algumas variáveis são, muitas vezes, designadas de diferentes formas, como por exemplo encontram-se vocábulos como: inseticidas, pesticidas, herbicidas, biocidas, praguicidas, fungicidas, venenos, entre outros, que são

produtos utilizados principalmente na agricultura e na pecuária, e podem ser englobados nos termos defensivos agrícolas.

Conforme pode ser observado em Branco (1986), que aborda aspectos da qualidade da água destinada ao consumo humano, a utilização de determinados grupos de variáveis, depende do objetivo de cada estudo, seja ele voltado ao padrão de qualidade que se refere a todos os usos possíveis da água, ou ao padrão de potabilidade que diz respeito a sua utilização para fins de consumo humano.

Branco (1986) relata, nesse mesmo trabalho, que a qualidade da água é vista de modo diferente entre os especialistas de formação nas mais variadas áreas, sejam eles sanitaristas, ecólogos, ou outros profissionais ligados aos recursos hídricos. Porém, o autor comenta que, ultimamente, e de modo geral, os diferentes especialistas vem desenvolvendo pesquisas mais abrangentes sobre os efeitos ecológicos e fisiológicos causados por compostos orgânicos não biodegradáveis, muito utilizados nas atividades industriais, agrícolas e domésticas. Tais compostos, como os inseticidas sintéticos, os herbicidas, os PCB (bifenilas policloradas) que é uma mistura de óleos sintéticos pesados, muito usados em aparelhos eletrônicos (Glossário de Ecologia, 1987), que tendem a acumular-se no meio ambiente, por não serem decompostos pela atividade biológica, assim como aqueles compostos potencialmente tóxicos e cumulativos como os metais pesados. Branco (1986) observa que além desses aspectos, muitos autores tem se preocupado com o problema da eutrofização e sua relação com a quantidade crescente de nutrientes que chegam aos corpos de água, oriundos principalmente, do despejo de esgoto doméstico e da atividade agrícola. Relata ainda as inúmeras variáveis utilizadas em hidrobiologia, e seu inter-relacionamento com o meio aquático, sejam elas biológicas, físicas ou químicas, entre as quais os principais organismos

vivos, como as bactérias do grupo coliformes e as algas, além da cor, odor, turbidez, OD (oxigênio dissolvido), DBO (demanda bioquímica de oxigênio), temperatura, pH, espécies químicas como os nutrientes, metais pesados e outras substâncias tóxicas, como os já citados defensivos agrícolas. Outros aspectos relativos às diferentes variáveis e enfoques, podem ser encontrados em Ettinger (1956), Benedek (1989) e Cowan et al. (1989).

Ayers & Westcot (1991) tratam das diretrizes destinadas a avaliar a qualidade da água a ser utilizada na agricultura, principalmente na irrigação. Essas diretrizes visam identificar e resolver problemas relacionados à salinidade e toxicidade por íons específicos, além de outros aspectos relativos aos fatores da produção agrícola, principalmente das regiões áridas e semi-áridas. São também apresentadas experiências de uso e manejo da água em várias regiões do mundo.

Arana (1997) apresenta os princípios fundamentais da qualidade da água a ser utilizada na aquicultura, escrevendo sob a forma de uma revisão bibliográfica. Dentre as variáveis discutidas, incluem-se o pH, OD, temperatura, bem como as diferentes formas de alterações na qualidade da água, pela eutrofização, poluição e contaminação dos corpos de água.

Em Batista (1974), podem ser encontrados os fundamentos de química e toxicologia dos inseticidas e no Compêndio de Defensivos Agrícolas (1987), são apresentadas informações relativas aos defensivos registrados no Ministério da Agricultura, no que se refere a sua composição, dosagem, indicações de uso, períodos de carência, além de sua classificação pela substância ativa, bem como as recomendações para a utilização adequada e os cuidados gerais que se deve ter em relação aos referidos defensivos agrícolas.

Na literatura sobre a qualidade dos recursos hídricos, as variáveis são analisadas segundo critérios estabelecidos através da legislação. Assim, como descrito anteriormente, a Resolução 20 do CONAMA (Brasil,1995) estabelece limites, com teores máximos permitidos para substâncias potencialmente prejudiciais e condições para o enquadramento dos corpos de água, segundo os seus diferentes usos. Critérios de potabilidade da água, em relação a compostos orgânicos e inorgânicos que afetam a saúde, além dos compostos organolépticos (que dão odor, sabor, cor), são estabelecidos pela Portaria nº 36 do Ministério da Saúde (Brasil, 1990).

CETESB (1995) constitui-se do Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo. Nesse relatório são apresentadas as informações da qualidade da água obtidas nos 116 pontos de amostragem da Rede de Monitoramento da Qualidade das Águas Interiores. Essas informações são resultados de procedimentos que incluem coleta de dados hidrométricos, teste de toxicidade, classificação das águas e aplicação do Índice de Qualidade das Águas-IQA.

Segundo CETESB (1995), é grande a diversidade de fontes poluidoras existentes no Estado de São Paulo, entre as quais os efluentes domésticos e industriais, além daquelas oriundas de deflúvios urbanos e agrícolas, que aportam aos cursos de água. Essa situação fez com que a CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, viesse a adaptar e desenvolver o Índice de Qualidade das Águas - IQA, com base em estudos realizados nos Estados Unidos da América do Norte, pela National Sanitation Foundation em 1970. O IQA passou a utilizar 9 variáveis dos 33 indicadores de qualidade das águas selecionados anteriormente. Assim, o IQA é determinado pelo “produtório ponderado das qualidades de água correspondente” às variáveis: temperatura da amostra, pH, oxigênio

dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, $20^{o}C$), coliformes fecais, nitrogênio total, fosfato total, resíduo total e turbidez.

O IQA aplicado no citado relatório não engloba todas as variáveis contidas na Resolução 20 do CONAMA (Brasil,1995), porém CETESB (1995) lembra que deve ser observado o que dispõe o Artigo 12 da referida Resolução, o qual prevê que as substâncias potencialmente prejudiciais deverão ser investigadas sempre que houver suspeita de sua presença. Segundo CETESB (1995), a Resolução 20 do CONAMA não estabelece obrigatoriedade de que tais substâncias sejam investigadas.

Embora possa parecer que exista certa divergência em relação às variáveis a serem analisadas ou quanto aos limites máximos permitidos e mesmo a ausência de parâmetros como é o caso dos piretróides (Bissacot, 1995), as pesquisas científicas tem mostrado muita preocupação com o grau de degradação dos recursos hídricos, e com isto tem gerado discussão que visam aprimorar as metodologias e chegar a um consenso ideal no que diz respeito à necessidade de se recuperar os corpos de água poluídos ou preservar aqueles que se apresentam ainda sem interferências prejudiciais.

Assim, conforme se observa em Roque (1980) e Rocha et al. (1985), recursos hídricos importantes como a Represa Billings(SP), apresentam-se em estado de eutrofização e contaminação por metais pesados. Segundo Roque (1980), esse importante manancial que abastece a cidade de São Paulo, detém altos índices de poluição causados, principalmente, pelos elevados níveis de nutrientes, tais como nitrogênio total com valores de até 9,02 mg $.L^{-1}$ em suas águas. Esse mesmo corpo de água foi estudado por Rocha et al. (1985), que através de amostragens de água e peixes constataram altos índices de contaminação na referida Represa, devido às elevadas concentrações de zinco, cádmio,

chumbo, cobre, crômio e mercúrio presentes nas amostras de água e peixes coletadas. Alertaram para o perigo potencial que representa o consumo de pescado oriundo do local, já que os níveis de contaminação encontrados foram superiores àqueles permitidos pela legislação. Os maiores índices ($\mu g.g^{-1}$) observados nas vísceras de peixes foram os seguintes: cádmio = 0,50; chumbo = 11,40; cobre = 22,80; crômio = 98,20; mercúrio = 1,42 e zinco = 1,54, o que demonstrou o grau de contaminação no local.

Na região do litoral paulista conhecida como Baixada Santista, foram encontrados contaminação por metais pesados em suas águas, sedimentos e organismos aquáticos (Amaral e Silva et al., 1983; Boldrini & Pereira,1987), bem como contaminação por defensivos agrícolas (Pereira & Tommasi, 1985), levando degradação à região.

Amaral e Silva et al. (1983) determinaram as concentrações de mercúrio na água, sedimentos, tecido muscular e vísceras de peixes. Os valores máximos encontrados foram: 1,35 $\mu g.L^{-1}$ na água; 1,70 $\mu g\ g^{-1}$ nos sedimentos; e em peixes os teores de 4,80 $\mu g\ g^{-1}$ na musculatura e de 1,17 $\mu g\ g^{-1}$ nas vísceras. Boldrini & Pereira (1987) verificaram que os níveis de contaminação de peixes, por mercúrio, zinco e cobre apresentaram-se com concentrações acima de mil vezes o teor encontrado nas amostras de água, demonstrando a crescente degradação da região, traduzida, principalmente, pelo processo da bioacumulação ao longo do tempo. Assim também, Pereira & Tommasi (1985), ao estudar essa mesma região, no que se refere à contaminação por DDT e seus isômeros, encontraram em três dos dez pontos de amostragem, quantidades detectáveis de DDT, sendo que a maior concentração (2,20 ppb) na baía de Santos.

Na represa Barra Bonita, formada pelo Rio Tietê e seus afluentes, em estudos realizados pela CETESB (1985), detectou-se concentrações de cobre, zinco e crômio

que ultrapassaram os limites estabelecidos para a água, e o mesmo se dava em relação aos pesticidas organoclorados, como o Lindane e Heptacloro, embora em menores concentrações. Ainda, com relação à Barra Bonita, Nascimento (1989) relata que a CESP interrompeu o repovoamento de alevinos que vinha sendo desenvolvido na referida represa, devido à contaminação de famílias de pescadores da região, ocorrida em função do consumo de peixes contaminados por metais pesados, principalmente por mercúrio.

Celeste & Cáceres (1987), em pesquisa desenvolvida na represa do Ribeirão Lobo (Broa) e seus tributários, citam a contaminação aquática por resíduos de substâncias químicas utilizadas na agricultura e na área de saúde pública, conhecidas, segundo os autores, como agrotóxicos, praguicidas, biocidas, entre outras denominações. Nas análises das amostras de água, coletadas em diferentes pontos, foram encontrados resíduos de BHC, Clordane, DDE, Heptacloro, Lindane, Aldrin, Eldrin, DDD e Dieldrin em "concentrações compatíveis" com a legislação sobre a potabilidade da água. Os maiores valores observados foram: BHC = 0,09 $\mu g.L^{-1}$; Clordane = 0,07 $\mu g.L^{-1}$; Heptacloro = 0,03 $\mu g.L^{-1}$; Lindane = 0,06 $\mu g.L^{-1}$; Aldrin = 0,02 $\mu g.L^{-1}$ e Eldrin = 1,02$\mu g.L^{-1}$. Os autores observaram ainda que em muitas das amostras analisadas, as concentrações dos agrotóxicos apareceram a nível de concentração-traço. Concluindo, os autores dizem que, embora a contaminação por esses elementos seja baixa, a situação se mostra preocupante, uma vez que muitas espécies aquáticas são muito sensíveis à ação desses defensivos agrícolas.

Eysink et al. (1988), em pesquisa desenvolvida na região do sistema lagunar Iguape-Cananéia e vale do Ribeira, constataram elevados níveis de contaminação por metais pesados e pesticidas organoclorados, nas amostras de água e sedimentos. Os autores observaram que, dentre as variáveis estudadas, o chumbo foi o que apresentou as maiores

concentrações, cujo limite é de 5,0 $\mu g.L^{-1}$. Esse valor foi ultrapassado em até 550 vezes o limite recomendado para a água, apresentando o valor de 2.750 $\mu g.L^{-1}$ no ribeirão das Rochas e que, em relação aos sedimentos, cujo limite é de 40 $\mu g.L^{-1}$, esse valor foi ultrapassado em 100 vezes, tendo sido observado o valor de 4.000 $\mu g\ g^{-1}$ em um dos pontos de amostragem. Esses fatos, segundo os autores, demonstram a necessidade de um trabalho de monitoramento contínuo dos corpos de água da região que vêm sofrendo constantes agressões por parte de mineradores, implantação de loteamentos irracionais, desmatamentos e uso indiscriminado de agrotóxicos no cultivo da banana na região.

Rico et al. (1989), estudaram o sistema aquático do Parque Donãna (Espanha). Próximo ao local do Parque existe uma mina de exploração comercial de pirita (mineral rico em Zn, Pb, Cu e Mn) e assim os autores pesquisaram a possível contaminação do citado sistema aquático. Além dessa fonte poluidora, os autores citaram ainda os efluentes da indústria de processamento do minério e as atividades agrícolas da região. Foram coletadas amostras de água em 15 pontos da bacia hidrográfica, na quais observaram que os níveis máximos ocorreram principalmente, na região da mina, onde todos os elementos analisados excederam os níveis naturais e os permitidos: 6% das amostras para Hg, 9,5% para Cd, 6,8% para Pb, 5,4% para Cu e 4,1% para Zn. Os autores constataram ainda que a contaminação por mercúrio ocorreu em função das atividades agrícolas e industriais, enquanto que os demais elementos contaminantes podem ter origem nas atividades da mina Aznalcollar, considerada a principal fonte de emissão de poluentes.

Berndtsson (1990), em seu trabalho sobre o transporte e sedimentação de diversos constituintes do rio Höje (sul da Suécia), verificou que os metais pesados são acumulados nos sedimentos. Constatou, também, que o período de baixa vazão e altas

concentrações de poluentes apresentaram condições favoráveis à acumulação de metais e de outros poluentes, enquanto que, por ocasião do rápido derretimento da neve, com altos picos de vazão, surgem as condições favoráveis para a resuspensão dos materiais sedimentados anteriormente. Os cálculos do balanço de massa indicaram que 850,0t de cloreto, 2,1t de cobre, 3,2t de zinco e 1,0t de chumbo foram retidos pelos sedimentos em 17 meses de estudo.

Imhoff et al., citado por Berndtsson (1990), afirma que aproximadamente 31% do total da massa de metais pesados transportada pelo rio Ruhr (região central da Europa), são retidos nos sedimentos desse corpo de água.

Berndtsson (1990), comenta ainda que, por ser o rio Höje um típico receptor de águas pluviais de áreas urbanas e rurais, recebe também, parte do esgoto das estações de tratamento, que via de regra, durante as fortes precipitações sofrem transbordamento. Um outro aspecto interessante relatado pelo autor é aquele relacionado à prática do uso do sal adotado para combater a formação de gelo durante o inverno. Segundo o autor, durante o inverno de 1978/79, foram distribuídos nas ruas da cidade de Lund, cerca de 2.500 t de NaCl, e que com o derretimento da neve, este sal é carreado para o rio Höje.

Laroche & Gallichand (1995), estudaram a possível contaminação por defensivos agrícolas, em uma pequena bacia hidrográfica localizada em Quebec (Canadá), cuja ocupação é bastante diversificada com culturas como o milho, cevada, além de pastagens, entre outros. Foram analisadas amostras de águas superficiais (rios), subterrâneas (poços), e sedimentos, quanto às concentrações de diferentes defensivos agrícolas. Os resultados demonstraram que nenhum defensivo agrícola foi detectado nos sedimentos, que, segundo os autores, é transportado em solução; somente a atrazine, que é um herbicida, foi

encontrada na água subterrânea e EPTC foi detectado nas amostras de água superficial, sendo que a atrazine apresentou-se como a mais abundante.

A atrazine é muito utilizada na cultura do milho e EPTC- Etil-dipropil-tiocarbamato, é um herbicida de pré-plantio (Compêndio de Defensivos Agrícolas, 1987).

Para Laroche & Gallichand (1995), 30% da atrazine transportada para a bacia é resultante da sua aplicação em anos anteriores, sendo carregadas durante o período de degelo. Ainda, segundo os autores, as concentrações de atrazine presentes nas amostras nunca excedeu o padrão recomendado para a manutenção da vida aquática, que é de 2 $\mu g.L^{-1}$, estabelecido, segundo os autores, pela U.S.EPA (1986). Cossete et al. (1988), citado por Laroche & Gallichand (1995), mostraram, que em duas bacias hidrográficas estudadas, a aplicação média de pesticidas (atrazine) variou de 7,8 à 18,3 $kg.ha^{-1}$, quando o máximo recomendado é de 4,5 $kg.ha^{-1}$. Observaram ainda que as concentrações máximas encontradas nas águas das duas bacias foram, respectivamente, 16,1 e 21,5 $\mu g.L^{-1}$ de atrazine.

Fausey et al. (1995) referem-se a um estudo realizado em 8 dos 11 Estados do cinturão do milho nos Estados Unidos da América, onde o uso de defensivos agrícolas é intenso. Foram pesquisadas as condições de lixiviação da atrazine, que apresenta como conseqüência a contaminação dos corpos de água. Segundo os autores, as mais altas concentrações de atrazine foram encontradas em três locais onde se utiliza de irrigação intensiva e que a rápida infiltração provoca contaminação de águas subterrâneas de pequena profundidade, sendo que o maior valor encontrado foi de 6 ppb, determinado em uma das amostras no Nebraska, em 1991. A análise das amostras de solo indicaram a presença de atrazine nas camadas mais superficiais, e que estas concentrações não estão aumentando com o passar do tempo, indicando que a sua degradação é rápida. Embora as concentrações

encontradas se mostraram com baixos valores, os autores recomendaram a adoção de práticas agrícolas, como a rotação de culturas de milho-feijão-soja, que requer menos atrazine que o cultivo contínuo do milho, visando diminuir ainda mais a possibilidade de contaminação dos corpos de água.

McConnell et al. (1995) relataram estudos realizados na área da Chesapeack Bay, nos Estados Unidos da América, cuja bacia hidrográfica é ocupada por atividades agrícolas, onde são usados 21,79 milhões de quilos de praguicidas a cada ano. Segundo os autores, parte significativa desses praguicidas são perdidos para a atmosfera durante e depois da aplicação pelo processo de volatilização, em conseqüência das condições do tempo como velocidade dos ventos e umidade, métodos de aplicação, além de propriedades físico-químicas das substâncias. Esses praguicidas que chegam à atmosfera são transportados a longas distâncias pelas massas de ar, e depositam-se nas águas superficiais, principalmente através das chuvas. O trabalho teve como objetivo, determinar as concentrações atuais de praguicidas, entre os quais o lindane e folidol, no ar e nas águas superficiais durante e depois do período de aplicação mais intensa de pesticidas. Os autores concluíram que os praguicidas usados na região, estavam presentes em níveis mensuráveis (parte por bilhão) no ar e na água, sendo que essas concentrações variaram entre 0,1 a 10,0 ppb, e que o rio Susquehanna é a maior fonte de pesticida.

Segundo Huntzinger & Stamer (1995), a contaminação das águas superficiais e subterrâneas através de fontes difusas (não pontuais) em áreas agrícolas da região central de Nebraska se dá pela introdução de herbicidas, nutrientes e sedimentos. Atenção especial é dada aos herbicidas e nutrientes, uma vez que podem prejudicar a saúde humana. Os autores descrevem a área de estudo como sendo predominantemente pastoril e

agrícola, com intensa atividade de irrigação, localizada na região central de Nebraska. Foram coletadas amostras de águas superficiais e subterrâneas, que eram analisadas quanto às concentrações de atrazine, alchor, cynazine e metachor, além do nitrato. Os resultados demonstraram que alguns herbicidas como a atrazine e cynazine excederam os padrões de potabilidade da água, recomendada pela Environmental Protection Agency dos Estados Unidos, alcançando valores de 62 ppb de atrazine, verificado durante o período chuvoso, em área de cultivo de milho. As concentrações de nitrato em águas subterrâneas (rasa e funda) foram relativamente altas, sendo que os maiores valores foram observados nos poços mais rasos, atribuídos ao uso de fertilizantes nitrogenados associados à irrigação do milho.

Para Hummel et al. (1995), os herbicidas constituem-se em 85% de todos os defensivos utilizados nos E.U.A. Quase 50% do total dos herbicidas são usados no "Cinturão do Milho" e custam aos agricultores mais de 1 bilhão de dólares, além de causar contaminação dos corpos de água, provocada por defensivos e fertilizantes. O trabalho visa a redução de herbicida aplicado e a maximização na aplicação de defensivos agrícolas e fertilizantes , em sistemas de manejo de ervas daninhas. Segundo os autores, a utilização de técnicas como a aplicação localizada, o conhecimento físico e biológico do solo (comportamento da emergência de ervas daninhas em função da temperatura e umidade), bem como de fatores adicionais que afetem a absorção de herbicidas pelas plantas, podem minimizar as perdas para o ambiente, livrando-o de contaminação e reduzindo os custos na produção agrícola.

Bissacot (1995) estudando a permanência de piretróides no sangue e leite de bovinos, cujos animais foram pulverizados com quatro tipo de inseticidas dos seguintes princípios ativos: flumetrina, deltrametrina , cipermetrina e cialotrina, constatou que

mesmo após o 28º dia da aplicação, os piretróides estudados ainda estavam presentes em ambos os meios . A autora recomenda que, uma nova aplicação do produto não deve ser realizada antes de 28 dias, o que geralmente não ocorre nas propriedades agropecuárias, demonstrando o desperdício e mau uso dos defensivos. Citando outros autores, Bissacot (1995), mostrou os sintomas de intoxicação provocados por piretróides em animais e em seres humanos, como nos casos de trabalhadores de culturas de algodão e de operários de uma fábrica de piretro. A autora não comenta a contaminação dos corpos de água, visto que este não era seu objetivo, porém, é de se esperar que este fato ocorra, uma vez que os piretróides são defensivos bastante utilizados na agricultura e na pecuária, segundo a mesma autora.

Segundo Van Eps et al. (1998), tendo como referência relatórios da EPA (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos), a atividade agrícola é a principal fonte de contaminação que ameaça a qualidade da água de rios e lagos nos Estados Unidos. Para os autores, com o passar do tempo, as fontes não pontuais (difusa, de origem agrícola) podem aumentar as concentrações de nutrientes, sedimentos, praguicidas e demanda bioquímica de oxigênio, causando a degradação dos corpos de água, impossibilitando o desenvolvimento da vida aquática e ameaçando ecossistemas inteiros. A ausência de práticas administrativas adequadas no manejo de efluentes gerados em propriedades destinadas à criação de animais, pode contribuir significativamente para a exportação de nutrientes, principalmente quando ocorrem fortes chuvas.

Bertalot & Mendoza (1997), em seu trabalho sobre a utilização de agrotóxicos na agricultura, citando inúmeros autores, alertaram para o perigo que o uso inadequado e exagerado desses produtos representam. Abordando diversos aspectos, entre os quais a contaminação de produtos agrícolas, intoxicação de trabalhadores e utilização de

defensivos em diferentes países, comentaram que nem sempre essa contaminação se dá pelo uso ilegal ou não apropriado, e sim pela forma de aplicação, sem obedecer as normas de segurança. Observaram ainda que, grande parte dos usuários de defensivos agrícolas (71,8%), queimam ou enterram as embalagens vazias, e que somente 33,5% lavam os equipamentos de aplicação em local adequado, o que, evidentemente, contribui para a contaminação ambiental, principalmente, dos corpos de água. Segundo Bertalot & Mendoza (1997), nos Estados Unidos da América do Norte, onde o uso de defensivos agrícolas é bem controlado, cerca de 35% dos alimentos consumidos apresentaram níveis detectáveis de agrotóxicos. Os autores questionaram : “se isto acontece nos países desenvolvidos, o que acontecerá nos países em desenvolvimento do Terceiro Mundo?”. Porém, essa preocupação já se encontrava em Custódio (1991), ao comentar que o Brasil vem se destacando pelo uso inadequado de agrotóxicos, sendo “o terceiro maior consumidor do mundo”, salientando que os países subdesenvolvidos são responsáveis por 75% das intoxicações causadas por esses produtos. Esse mesmo autor, citando dados publicados pela Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, observou que, enquanto “os ingleses têm 14,4 ppb de “veneno” no sangue, os americanos 22,7 ppb e os argentinos 43,3 ppb, os brasileiros têm a impressionante taxa de 572,6 ppb”, demonstrando a necessidade urgente da conscientização, no que se refere à manipulação e uso dos agrotóxicos.

Pinheiro et al. (1997), elaboraram um estudo envolvendo a utilização de um modelo matemático aplicado ao transporte de pesticidas no solo. Segundo os autores, a permanência de defensivos agrícolas no solo é comandada por diferentes fenômenos físicos, químicos e biológicos. Utilizando-se de dados experimentais obtidos a partir de lisímetros instalados em parcelas drenadas, concluíram que as simulações indicaram que o deslocamento

das moléculas atrazine e simazina ao longo do perfil do solo é fraco, e que as concentrações simuladas são sempre inferiores a 1 $mg.kg^{-1}$ à partir de 275 mm de profundidade, mas suficientes, segundo os autores, para provocar sérios problemas de contaminação do lençol freático.

Segundo Pinheiro & Caussade (1997), o aumento da demanda de alimentos no mundo, tem requerido o desenvolvimento de práticas agrícolas com uso intensivo de fertilizantes e defensivos, que podem provocar problemas de degradação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Assim, Pinheiro & Caussade (1997), estudaram, através de modelo matemático, o transporte de defensivos agrícolas em bacias hidrográficas localizadas no sudeste da França, com diferentes características físicas e diferentes práticas agrícolas. Segundo os autores, os resultados mostraram que o modelo aplicado não responde a todos os problemas relacionados ao gerenciamento da qualidade da água, porém, permite fornecer elementos de resposta a certos problemas como é o caso de fluxos anuais de certas moléculas de defensivos agrícolas, e assim obter uma avaliação geral do cenário de gestão de bacias hidrográficas.

Em estudo realizado na bacia hidrográfica do Lago Valência, na Venezuela, Méndez (1998) avaliou a qualidade da água em uma área de 70 ha com cultivo de cana-de-açúcar irrigada há mais de 13 anos com águas residuárias industriais e urbanas. As amostras foram retiradas de parcelas irrigadas com estas águas residuárias e de parcelas irrigadas com água subterrânea, a intervalos de 22 dias, em diferentes profundidades, onde foram determinadas as concentrações de cálcio, magnésio, sódio, potássio, carbonato, bicarbonato, cloreto, sulfato, além da determinação do pH e da condutividade elétrica. Méndez (1998) constatou que as águas residuárias provocaram sérios problemas de

salinização e “sodificação” nos solos, além de severos riscos de redução de infiltração e riscos de toxicidade pelos íons sódio, bicarbonato e cloreto. Quanto às águas subterrâneas, os resultados indicaram risco moderado de salinização e sodificação e ligeiras a moderadas restrições de uso por toxicidade pelos íons sódio e bicarbonato. O autor sugere a avaliação de outras variáveis como metais pesados e insumos agrícolas, visando-se estabelecer políticas sanitárias de regulamentação e manejo de água e solo mais apropriadas.

Os problemas relacionados ao uso de defensivos agrícolas no Estado de São Paulo foram estudados por Poltroniere (1997), que relacionou as atividades agrícolas em cada região e classificou o Estado em quatro regiões, de acordo com o nível de risco de ocorrência de intoxicações agudas por agrotóxicos: altíssimo, alto, médio e baixo. Em seu trabalho, Poltroniere (1997), analisou o número total de casos de intoxicações e o de intoxicações causadas por praguicidas, notificados nos onze Centros de Controle de Intoxicações do Estado de São Paulo, nos anos de 1992, 1993 e 1994. A autora constatou que nesses anos houve um total de 50.695 casos de intoxicações, dos quais 17,23% provocados por agrotóxicos. A região Centro Sul do Estado, onde estão situadas cidades como Apiaí, Registro, Itapeva, Itapetininga e Botucatu, foi classificada como de altíssimo risco. Os dados em relação a Botucatu são alarmantes. O percentual de intoxicações por defensivos agrícolas em relação ao número total de intoxicações foi de 72,30% em 1992, 63,62% em 1993 e 65,15% em 1994.

É preciso considerar que em Botucatu está implantado o CEATOX (Centro de Assistência Toxicológica), na UNESP, que tornou-se um centro por excelência, procurado por pacientes de outras regiões do Brasil, e que podem ter influenciado na contagem dos casos de intoxicações atribuídos a Botucatu.

Entre outras sugestões, autora mostra a necessidade da realização de "pesquisa direta com trabalhadores rurais do Estado de São Paulo intoxicados nas áreas identificadas por este estudo como de altíssimo risco e de alto risco para, não só mensurar o custo social decorrente das intoxicações por praguicidas mas, analisar como as pessoas atingidas percebem esta ameaça e como enfrentam os impactos dela decorrentes".

Poltroniere (1997), conclui ainda que a vítima típica é o homem com idade entre 12 e 50 anos, da zona rural, intoxicado no momento da manipulação e aplicação desses produtos. Comenta questões históricas da legislação, da comercialização e utilização dos defensivos agrícolas, onde destaca, por exemplo, os acontecimentos da década de 60, quando o Brasil começou a implantar a política de modernização da agricultura. Os agricultores que não tinham dinheiro, recorriam aos financiamentos através do crédito rural, onde quinze por cento desse financiamento tinham que ser obrigatoriamente utilizados na compra de insumos químicos, entre eles os defensivos. Citando dados da EMBRAPA, a autora comenta que em 1991 o Brasil consumiu mais de 3 milhões de toneladas de defensivos, quando apenas 300 mil toneladas seriam suficientes para combater as pragas e doenças que atacam as lavouras.

Outros dados citados por Poltroniere (1997), referem-se à avaliação da Organização Mundial da Saúde e de "outras organizações internacionais", indicando que mais de 300.000 pessoas se intoxicam a cada ano no Brasil, das quais 5.000 podem vir a óbito, e ainda que o custo estimado do tratamento e pagamento de licença médica por afastamento do trabalho, podem atingir valores altíssimos.

Estudos envolvendo outras variáveis químicas ou físico-químicas, tem demonstrado que os corpos de água apresentam apreciáveis quantidades de nutrientes e outros

elementos que descaracterizam ecologicamente essas águas, tornando-as inadequadas a inúmeros usos.

Assim, Franken et al. (1985) em estudos desenvolvidos na região Amazônica, determinaram as concentrações dos principais íons na água da chuva, da água de lavagem da floresta e da água escoada pelo igarapé Barro-Branco. Segundo os autores, a contribuição da precipitação em $kg.ha^{-1}.ano^{-1}$ para esses íons foram as seguintes: Cl^{-} = 13,6; NH^{+}_{4} = 6,6; PO^{3-}_{4} =0,1; Na^{+} = 8,4 e K^{+} = 2,4, sendo que não foram detectados os íons Ca^{2+}, Mg^{2+} e SO^{2+}_{4} na água de chuva. Observaram que o aporte de Ca^{2+}, Mg^{2+} e SO^{2+}_{4} ao piso florestal se dá através da lavagem das folhas, ramos e tronco das árvores da floresta, e foram, respectivamente, os seguintes: 1,0; 7,8 e 37,0 $kg.ha^{-1}.ano^{-1}$. Concluíram que as perdas para a água drenada pela bacia mostraram-se muito pequenas, indicando uma eficiente reciclagem de nutrientes realizada pela floresta. Essa observação ressalta o papel que a mata ciliar pode desempenhar no equilíbrio ecológico de uma bacia hidrográfica.

Para Ressler et al. (1995) a lixiviação de nitrogênio na forma de nitrato é considerada um problema ambiental em muitos estados do meio-oeste americano, pela contaminação de água subterrânea e fontes de suprimento de água no meio rural. Os autores argumentam que são necessárias técnicas de cultivo que possam reduzir as perdas de nitrogênio através da lixiviação. Para isso, desenvolveram uma pesquisa na Agronomy and Agricultural Engineering Research Center, Iowa, empregando-se dois métodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados combinados com sistema de compactação do solo. Os autores verificaram que a compactação localizada parece indicar uma maior retenção dos fertilizantes nitrogenados dentro da zona de raiz, onde poderia ser melhor utilizado pelas plantas, minimizando as perdas pela lixiviação e consequentemente, evitando a contaminação das

águas superficiais e subterrâneas. Entretanto, os autores alertam sobre a necessidade de se obter informações adicionais relativas à disponibilidade do nutriente às plantas, uma vez que a eficiência do uso do nitrogênio nessas condições poderia ser diminuída e, consequentemente, poderia haver redução na produção.

Para Sharply et al. (1995), a grande quantidade de esterco de animais originado, principalmente na criação de gado de corte, aves e suínos, nas Planícies Meridionais dos E.U.A., é um desafio para a administração rural em relação ao meio ambiente. A pesquisa desenvolvida pelos autores teve como objetivo verificar a contaminação da água em função do movimento do nitrogênio e fósforo, originário da utilização de adubo animal e restos de culturas e a disponibilidade de N fixado no solo. Segundo os autores, a utilização do adubo animal aumentou a concentração de nitrato nos fluxos de água de subsuperfície. Ao autores relatam que aproximadamente 2% do N e P eram perdidos nas águas superficiais e subsuperficiais. Na agricultura, a incorporação de restos de culturas podem reduzir o transporte de N e P e também a erosão, embora a porção biodegradável possa determinar o transporte preferencial. Para os autores, é necessário que a administração rural desenvolva sistemas agrícolas mais adequados em termos de sustentablilidade ambiental, mantendo, porém, a produtividade.

A FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental “Henrique Roessler” do Rio Grande do Sul, tem realizado monitoramento do rio Gravataí e segundo sua publicação (FEPAM, 1996), este importante manancial vem se mostrando em estado crítico em alguns pontos. Entretanto, a poluição por metais pesados (cádmio, chumbo, cobre, crômio total, mercúrio, níquel e zinco), mostrou-se pouco significativa. Foram consideradas variáveis críticas no rio Gravataí, os resultados obtidos para coliformes fecais, seguido do oxigênio

dissolvido e DBO, resultantes do lançamento de esgoto doméstico. Observou-se que essas variáveis ultrapassaram os padrões ambientais, principalmente no trecho final do rio, chegando a atingir a Classe 4, proposta pela Resolução 20 do CONAMA. Outros resultados, como no caso do pH, turbidez, sólidos totais, fosfato e nitrogênio total, mantiveram-se dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução 20 do CONAMA. A comparação com dados obtidos nas décadas anteriores, mostraram que não houve variação significativa na qualidade da água do rio Gravataí.

Krebs et al. (1997), em estudos referentes à qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Araranguá (SC), cuja área (3.020 km^2) é ocupada por diferentes atividades, dentre as quais, mineração de carvão a céu-aberto e minas de subsolo, indústrias cerâmicas de revestimento e estrutural, metal-mecânica, curtumes, vestuário e grandes áreas destinadas à agricultura, principalmente a cultura do arroz irrigado. Essas atividades, aliadas a despejo de esgoto doméstico e de granjas de animais, principalmente suínos, tem comprometido a qualidade da água da bacia. Detectou-se a presença de metais pesados, entre eles, cobre, alumínio, zinco, manganês, além do incremento da carga orgânica e de sólidos em suspensão transportados pelas águas da bacia, provocando assoreamento, aumento da turbidez e arraste de defensivos agrícolas. A aplicação do IQA (Índice de Qualidade das Águas) e o IT (Índice de Toxicidade), indicaram que para a sub-bacia do rio Mãe Luiza, a situação é crítica em 68,5% de sua área no sistema 1 (rio Mãe Luiza) e em 100% no sistema 2 (rio Sangão). Porém a sub-bacia do rio Itoupava apresentou-se com qualidade entre boa e ótima.

Amorim & D'Assumpção (1997), realizaram estudos relativos à qualidade da água de cinco açudes da bacia Metropolitana-CE, principal fonte de abastecimento da Grande Fortaleza. As amostras coletadas foram submetidas a análise de

oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, pH, potencial redox e a determinação das concentrações de nitrogênio, fósforo, sílica, além da quantificação dos principais íons. Os valores de OD variaram de 7,5 $mg.L^{-1}$, a níveis próximos de zero nas maiores profundidades, indicando a presença de matéria orgânica em decomposição, e que, segundo os autores, é um fenômeno muito comum em reservatórios onde não houve preocupação com desmatamento da área inundada. O pH manteve-se em torno de 7,5. Nos valores da Condutividade Elétrica e dos Sólidos Totais Dissolvidos, determinados nos açudes de Erecê e de Pacajús, observaram-se variações muito acentuadas chegando a atingir valores de 1700 e 2800 $\mu S.cm^{-1}$, respectivamente. Neste caso, segundo a Resolução 20 do CONAMA, esses açudes apresentam características que devem ser classificadas como salobras, e portanto, impróprias ao consumo humano. Os autores apresentaram ainda, as concentrações das espécies químicas dos açudes Erecê e Pacoti, obtidas pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará, cujos valores máximos são, respectivamente: Ca = 100,0 e 15,2 $mg.L^{-1}$; Mg = 89,2 e 15,2 $mg.L^{-1}$; Cl = 750,0 e 78,0 $mg.L^{-1}$; Na = 380,0 e 95,0 $mg.L^{-1}$; SO_4 = 15,46 e 14,00 $mg.L^{-1}$; Fe = 0,48 e 0,57 $mg.L^{-1}$ NO_2 = 0,46 e 0,00 $mg.L^{-1}$ e NO_3 = 5,83 e 5,52 $mg.L^{-1}$.

D'Assumpção & Amorim (1997) estudaram a qualidade da água em 3 dos principais reservatórios da bacia hidrográfica do rio Curu, no Ceará. Segundo os autores, esta pesquisa é necessária visto que, além da questão da salinidade enfocada por inúmeros trabalhos realizados em regiões semi-áridas, é preciso conhecer outros aspectos, principalmente aqueles relativos à eutrofização desses corpos de água, para subsidiar a implantação do sistema de gerenciamento dos recursos hídricos. Os resultados obtidos mostraram que os valores de OD sofreram alterações entre 6,0 e 8,0 $mg.L^{-1}$, sendo observado o valor zero em uma das amostragens, na profundidade de 9 m; a Condutividade Elétrica com

valores entre 300 e 700 $\mu S.cm^{-1}$, concentrações de fósforo entre 0,25 e 0,47 $mg.L^{-1}$ na superfície e de 0,28 e 0,69 $mg.L^{-1}$ nas amostras do fundo, estando acima dos padrões estabelecidos pela Resolução 20 do CONAMA; para a sílica observaram-se valores entre 0,574 e 8,565 $mg.L^{-1}$; o sódio apresentou valores entre 1,4 e 1,9 $mg.L^{-1}$, e o cloro com concentrações variando entre 2,4 e 3,8 $mg.L^{-1}$. Esses valores, principalmente do fósforo, indicaram um processo de eutrofização instalando-se nos açudes estudados.

Para Preti et al. (1998), estudos tem indicado um incremento das concentrações de nitrato (NO_3^-) em águas superficiais ou subterrâneas na Itália. Esse incremento está relacionado a fontes de origem difusa e com as práticas incorretas de manejo do solo. Segundo os autores, é necessário o planejamento adequado do uso do solo para controlar essas fontes difusas de poluição, que se caracterizam como um desafio para a pesquisa atual, tendo em vista a complexidade e a variabilidade dos fatores envolvidos.

Van Eps et al. (1998), constataram que no Estado de Arkansas (E.U.A.) a produção de suínos é de 2,1 milhões anualmente, com aproximadamente 400 instalações destinadas a essa atividade. Segundo os autores, essas instalações utilizam sistemas de tratamento de efluentes preconizados pelo órgão responsável pelo controle de poluição e ecologia de Arkansas (ADPC & E). O trabalho desenvolvido pelos autores em 40 dessas instalações, visava avaliar os sistemas utilizados nesse Estado. Entre outros aspectos, foram determinadas as concentrações de sólidos totais, sólidos dissolvidos, sulfato, cloreto, ortofosfato e a série nitrogenada. As conclusões mais importantes referem-se ao problema da acumulação de sólidos encontrada em 52% das propriedades, além da observação de que a acumulação de fósforo é 4 vezes maior que do nitrogênio, criando um desequilíbrio entre esses dois nutrientes, uma vez que o efluente é utilizado na cultura de forragens, para servir de

alimentos aos porcos. Os resultados estão sendo utilizados no desenvolvimento de estratégias de administração para minimizar a poluição por fontes não pontuais e melhorar o aproveitamento de fertilizantes gerados por essas atividades.

Como já foi citado, a região de Botucatu (SP), tem sua área drenada por rios pertencentes a duas importantes bacias hidrográficas do Estado de São Paulo, ou seja, Tietê e Paranapanema, e que devido a sua importância regional, tem despertado interesse em se desenvolver pesquisas relacionadas à ocupação e caracterização dessas áreas, bem como aquelas destinada à avaliação dos recursos hídricos da região.

Em relação aos solos da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, bem como sua ocupação e outras características de interesse ao presente trabalho, podem ser verificados em pesquisas desenvolvidas por: Carvalho, (1981); Souza et al. (1985); Tornero (1995), Zimback (1997) e Ribeiro (1998).

A preocupação com a degradação dos corpos de água da região, que tem levado alguns pesquisadores a desenvolver estudos, principalmente naqueles pertencentes à bacia do Tietê, onde foi observado uma realidade preocupante em termos de qualidade de suas águas, conforme Zuccari et al. (1991); Zuccari (1992); Conte (1992); Conte e Castro et al. (1993), Padovan (1993), Conte et al. (1996a), Conte et al. (1996b) Silva et al. (1998), Conte e Castro et al. (1998) e Conte et al. (1998)

Zuccari et al. (1991) apresentaram o levantamento de algumas variáveis ecológicas do ribeirão Lavapés, e suas variações em um período de 24 horas. O ribeirão Lavapés corta a cidade de Botucatu, recebendo todo o efluente urbano e de algumas indústrias, sendo considerado um verdadeiro “esgoto à céu aberto”. Determinaram o conteúdo de oxigênio dissolvido, sólidos em suspensão, turbidez, condutividade elétrica, temperatura e

pH em amostras de água coletadas a intervalos de uma hora. Os resultados permitiram concluir que este corpo de água apresentou-se altamente poluído, com picos de cargas poluidoras, principalmente entre 10 e 11 horas.

Zuccari (1992), em pesquisa realizada durante 1 ano no ribeirão Lavapés e seus afluentes, determinou, além das variáveis utilizadas em Zuccari et al. (1991), a demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio e coliformes fecais. Os resultados demonstraram grandes variações nos valores das variáveis estudadas, como por exemplo: 51 a 400 $\mu S.cm^{-1}$ para a condutividade elétrica ; 2,0 a 150 NTU para a turbidez; 0,9 a 6.664,7 $mg.L^{-1}$ para sólidos em suspensão; entre zero e 7,4 $mg.L^{-1}$ para oxigênio dissolvido; 7,0 a 246,0 $mg.L^{-1}$ para demanda bioquímica de oxigênio, e entre zero e 537,0 $mg.L^{-1}$ para demanda química de oxigênio. Quanto aos coliformes fecais, todas as amostras apresentaram resultados superiores a 2.400 NPM/100 ml. A presença de maior carga poluidora foi verificada por volta das 10:30 horas, com recuperação de alguns aspectos relativos a sua qualidade durante o período noturno e por ocasião das precipitações.

Conte (1992) em programa de coleta e análise de amostras de água, realizado na bacia hidrográfica do ribeirão Lavapés, determinou as concentrações das principais espécies químicas, dentre as quais macro e micronutrintes, metais pesados, além da condutividade elétrica, pH, vazão e precipitação. Os resultados obtidos mostraram grandes variações nas concentrações das espécies químicas e demais variáveis estudadas. Observou valores extremos tais como: 0,20 a 35,30 $mg.L^{-1}$ para NH^{+}_{4}; < 0,10 a 2,40 $mg.L^{-1}$ para P; 2,05 a 66,0 $mg.L^{-1}$ para SO_4^{2-}; 0,80 a 46,20 $mg.L^{-1}$ para Ca; < 0,10 a 87,70 $mg.L^{-1}$ para Cl^{-} e 0,70 a 62,30 $mg.L^{-1}$ para Na. Quanto ao metais pesados, estes se apresentaram, de modo geral, com valores abaixo do limite de detecção do método analítico empregado.

Padovan (1993) em estudo desenvolvido no ribeirão Paraíso, no município de São Manuel, determinou o pH, a cor e a turbidez em amostras de água da chuva e de três diferentes pontos do referido ribeirão, ou seja, água bruta (captação da SABESP), água tratada pela SABESP e distribuída à população, e água da saída da bacia, depois de receber efluentes urbanos. Segundo Padovan (1993), embora os valores de pH se encontrassem dentro dos padrões de potabilidade, as amostras da água da chuva sofreram grandes variações, atribuídas, principalmente à queima de canaviais da região. Os valores da turbidez das águas do ribeirão Paraíso no ponto de captação variou de 7 a 190 NTU, sendo que os mais elevados valores foram atribuídos à falta de preservação da mata ciliar e de técnicas de conservação dos solos. As águas tratadas pela SABESP que abastecem São Manuel, revelaram valores entre 0,2 e 0,7 NTU, demonstrando que a falta de preservação ambiental pode onerar o sistema de tratamento de água. Além disso, conclui que a falta de técnicas de conservação do solo, aliada à ausência de mata ciliar, bem como o despejo do esgoto urbano, vem comprometendo a qualidade das águas daquele Ribeirão como um todo.

Conte e Castro et al. (1993) analisaram alguns fatores ecológicos da bacia hidrográfica do ribeirão São Caetano, em função da crescente expansão da área industrial e urbana da cidade de Botucatu. Os resultados obtidos permitiram concluir que a bacia do São Caetano, ainda se apresentava com padrões relativamente satisfatórios em termos de qualidade de suas águas, observando-se, contudo, um certo comprometimento quando comparadas às águas naturais.

Martins (1997) realizou um monitoramento na bacia hidrográfica do ribeirão São Caetano, nas mesmas condições daquelas elaboradas por Conte e Castro et al. (1993), acrescido de aspectos geográficos, sociais e econômicos.

Contudo, Conte e Castro et al. (1998) relataram que ao realizar uma comparação entre os resultados das análises qualitativas obtidos por Conte e Castro et al. (1993) e por Martins (1997), verificaram que a qualidade da água daquela bacia apresentou-se em condições muito mais degradadas, que aquelas observadas há quatro anos atrás. Em um dos pontos de amostragem, sob influência do setor industrial de Botucatu, as variáveis condutividade elétrica e oxigênio dissolvido sofreram drásticas alterações, sendo que o valor médio observado para condutividade elétrica em 1993 foi de 94,00 $\mu S.cm^{-1}$ e em 1997 chegou a 1622,20 $\mu S.cm^{-1}$, e os valores médios obtidos para o oxigênio dissolvido que, em 1993, era de 5,01 $mg.L^{-1}$, caiu para 1,86 $mg.L^{-1}$ em 1997, estando, portanto muito abaixo dos teores recomendados pela Legislação (Quadro 1). Um outro aspecto observado por Conte e Castro et al. (1998) relaciona-se aos valores de sólidos em suspensão, principalmente aqueles resultados verificados em amostras de água coletadas após forte pancada de chuva, onde detectou-se um incremento de quase 200 vezes em relação à média das amostragens normais. Esse aumento na degradação da qualidade da água é uma das conseqüências do mau uso e manejo inadequado do solo da região, e da expansão da área industrial e urbana de Botucatu, sem planejamento compatível com as condições locais.

Em Conte et al. (1996a) e Heliodoro et al. (1997), encontram-se estudos sobre a represa do Parque Municipal de Botucatu. Esta represa está situada próximo à nascente do ribeirão Lavapés, entre o Cemitério Jardim e áreas pertencentes ao Hospital "Cantídio de Moura Campos".

Conte et al. (1996a) analisaram amostras de água coletadas em cada estação do ano e em diferentes profundidades, nas quais foram determinadas as seguintes variáveis: pH, temperatura do ar e da água, oxigênio dissolvido, sólidos em suspensão e

turbidez. Os resultados obtidos evidenciaram alterações significativas na qualidade da água, no decorrer do ano, principalmente aquelas relativas ao verão, quando os autores observaram baixos valores de oxigênio dissolvido, com teores próximos de zero na profundidade de 3 metros.

Em Heliodoro et al. (1997), encontram-se relatos de ocorrência de peixes mortos na referida represa, o que levou a uma nova pesquisa, onde, além das variáveis analisadas por Conte et al. (1996a), foram determinadas ainda, as concentrações de algumas espécies químicas e biocidas, além de coliformes totais e fecais.

Com relação aos biocidas, nada foi detectado, porém, foram encontrados coliformes totais e fecais com valores acima daqueles permitidos, além de concentrações acima dos limites permitidos nas determinações de P, K, Ca, e S, na profundidade de 3 metros, e teores de Fe variando de 0,0 a 6,0 $mg.L^{-1}$ na profundidade de 4 metros. Os valores de OD se mostraram baixos em todos os pontos de amostragem, variando de 0,1 a 5,6 $mg.L^{-1}$. Esses resultados demonstraram que a represa se encontrava em estado de eutrofização, o que causou a mortandade de peixes. Entretanto, não foi possível determinar a principal fonte dessa eutrofização, que pode estar relacionada a fatores ambientais do próprio local, como o alto tempo de residência das água da represa, ou ainda podem estar ligada à existência do Cemitério Jardim.

Heliodoro et al. (1997) recomendaram novas pesquisas, sugerindo a instalação de poços de observação, com a finalidade de analisar a água do lençol freático. Essas análises teriam como finalidade descartar a possibilidade de contaminação provocada pelo cemitério instalado em local próximo à represa e sugerir um manejo adequado das áreas circunvizinhas.

Conte et al. (1996b) divulgaram trabalhos desenvolvidos por um grupo de pesquisadores ligados ao Laboratório de Recursos Hídricos (FCA/UNESP-Botucatu). Nesses estudos, além do monitoramento de bacias hidrográficas da região de Botucatu, relatam ainda o sistema de tratamento de águas residuárias de origem doméstica pelo processo fito-pedológico. Esse tipo de tratamento de esgoto doméstico é relativamente simples e, segundo os autores, pode ser implantado em pequenas comunidades, uma vez que reduz a carga poluidora em 89%, evitando assim a poluição dos corpos de água.

Pesquisas envolvendo as águas da bacia do Rio Pardo, um dos afluentes do Paranapanema e objeto do presente estudo, tem mostrado pequenas alterações em alguns fatores físico-químicos ao longo do tempo, conforme Henry et al. (1978) e Henry (1981), demonstrando a necessidade de estudos de outras variáveis ainda não pesquisadas, como por exemplo, os defensivos agrícolas. Em Henry & Gouveia (1993), encontram-se estudos envolvendo fluxos de fósforo, nitrogênio e material em suspensão, além da determinação da condutividade elétrica, transparência e oxigênio dissolvido, abrangendo dez bacias da região do Paranapanema. Os autores observaram que os dados variaram amplamente entre os diferentes cursos de água pesquisados.

Consideraram ainda que, devido à grande extensão das bacias de drenagem e à freqüência relativamente baixa das amostragens, os autores sugerem que trabalhos deste tipo devem ser implementados e aperfeiçoados, procurando avaliar os diferentes usos das bacias e sua influência na qualidade da água.

Silva et al. (1998) relataram o estudo realizado no rio Pardo, tendo como objetivo principal estabelecer o grau de degradação desse corpo de água. Para tanto, realizaram levantamento dos principais indicadores físico-químicos, biológicos e

determinação das concentrações de algumas espécies químicas, em diferentes pontos de amostragem. Segundo os autores, os valores observados na nascente do rio Pardo, no município de Pardinho, em geral, foram similares aos encontrados no ponto de captação de água pela SABESP em Botucatu. Foram detectados, respectivamente: condutividade elétrica com valores de 17,77 e 20,71 $\mu S.cm^{-1}$; coliformes fecais com 11 e 123 NMP em 100 mL; Ntotal com concentrações de 1,29 e 1,97 $mg.L^{-1}$, e SO_4^{-2} com índices de 6,60 e 7,99 $mg.L^{-1}$. Já nos pontos de amostragens localizados junto à ETE de Pardinho e à jusante da descarga de efluentes, os resultados apresentaram-se como os mais elevados. Foram detectados, respectivamente: 687,91 e 431,13 $\mu S.cm^{-1}$ para condutividade elétrica; 466.667 e 6.382 NMP em 100 mL para coliformes fecais; 10,5 e 5,0 $mg.L^{-1}$ para DBO; 63,74 e 33,95 $mg.L^{-1}$ para DQO; 5,06 e 4,24 $mg.L^{-1}$ para Fe; 7,48 e 4,37 $mg.L^{-1}$ para PO_4^3 ; 12,61 e 10,06 $mg.L^{-1}$ para Ntotal, e 26,80 e 13,20 $mg.L^{-1}$ para SO_4^{-2} . Concluíram, os autores, que o rio Pardo possuí significativa capacidade de autodepuração, visto que no último ponto de amostragem localizado no reservatório de captação de água pela SABESP em Botucatu, os valores são similares àqueles encontrados em sua nascente, dando condições de utilização deste corpo de água para o abastecimento de Botucatu.

Entretanto, Guimarães & Guimarães (1999) relataram a utilização intensa de defensivos agrícolas pelos produtores rurais da Bacia do Rio Pardo, principalmente de piretróides, com princípio ativo à base de cipermetrina e atrazine, o que poderia confirmar os dados obtidos por Poltroniere (1998), quando enquadra a região de Botucatu como sendo área de altíssimo risco de ocorrência de casos de intoxicações provocadas por defensivos agrícolas.

Observa-se, pela literatura consultada, que se trata de um assunto de alta complexidade, onde o desenvolvimento sócio-econômico tem implicações diretas na quantidade e na qualidade dos recursos hídricos. A solução de tais aspectos envolvem inúmeros programas de preservação, como por exemplo, a implantação de eficientes sistemas de conservação e uso do solo, implantação de matas ciliares nas margens dos rios, lagos e reservatórios, sistema de tratamento de efluentes urbanos e industriais, educação ambiental, principalmente nas escolas, ocupação racional dos solos da região urbana, ao lado da rigorosa execução da atual política de gerenciamento dos recursos hídricos.

Entretanto, resta saber se todos esses programas são viáveis economicamente e mesmo assim, se são suficientes para, pelo menos, amenizar a situação em que se encontram grande parte dos corpos de água.

Cabe lembrar que todo subproduto de um processo qualquer é, obrigatoriamente, lançado no ar, na água ou no solo, fato que a busca por soluções se mostra mais desafiante para a sociedade como um todo.

5 . MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Descrição da área de estudo

A Bacia Experimental do Rio Pardo, afluente do Paranapanema e objeto deste estudo, abrange terras dos municípios de Botucatu e Pardinho, localizados na região Centro Sul do Estado de São Paulo.

A Legislação sobre Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (São Paulo, 1994), que estabelece a Divisão Hidrográfica do Estado, divide-o em onze grandes Grupos de Bacias Hidrográficas, sendo que o Segundo Grupo abrange terras pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema e esta se subdivide em dois Comitês: Alto Paranapanema e Médio Paranapanema.

Os municípios de Botucatu e Pardinho possuem terras drenadas por duas importantes bacias hidrográficas do Estado de São Paulo: Tietê e Paranapanema. A área de estudo está inserida no Comitê da Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema.

Para a elaboração do Mapa da Bacia Experimental do Rio Pardo (Figura 1), foram consultados os seguintes materiais cartográficos: IBGE (1969); IBGE (1970); Cardoso (1991) e Santini (1993) e Tornero (1995)

A Bacia Experimental do Rio Pardo (Figura 1), compreende terras desde às proximidades de sua nascente, no município de Pardinho, até o local de captação de água pela SABESP, no município de Botucatu, Estado de São Paulo, Brasil.

O Rio Pardo desempenha importantíssimo papel no abastecimento de água dos municípios de Botucatu e Pardinho, onde a SABESP (*) , através de suas represas de captação, bombeia em média, 24.000 $m^3.dia^{-1}$ para Botucatu e 550 $m^3.dia^{-1}$ para Pardinho.

Segundo Tornero (1995), a Bacia Experimental do Rio Pardo, delimitada a partir de sua nascente até o ponto de captação da SABESP, possui uma área de 148,76 km^2, sendo que o Rio Pardo, seu principal curso de água percorre um trecho de cerca de 28,7 km (medida obtida através da utilização do Curvímetro VEB FREIBERGER/78 e da Carta da Microbacia Hidrográfica do Rio Pardo (Santini, 1993).

(*) Pinheiro Machado, M.A. (Tecnólogo) **Comunicação pessoal**. Botucatu:ETA/SABESP, 1997

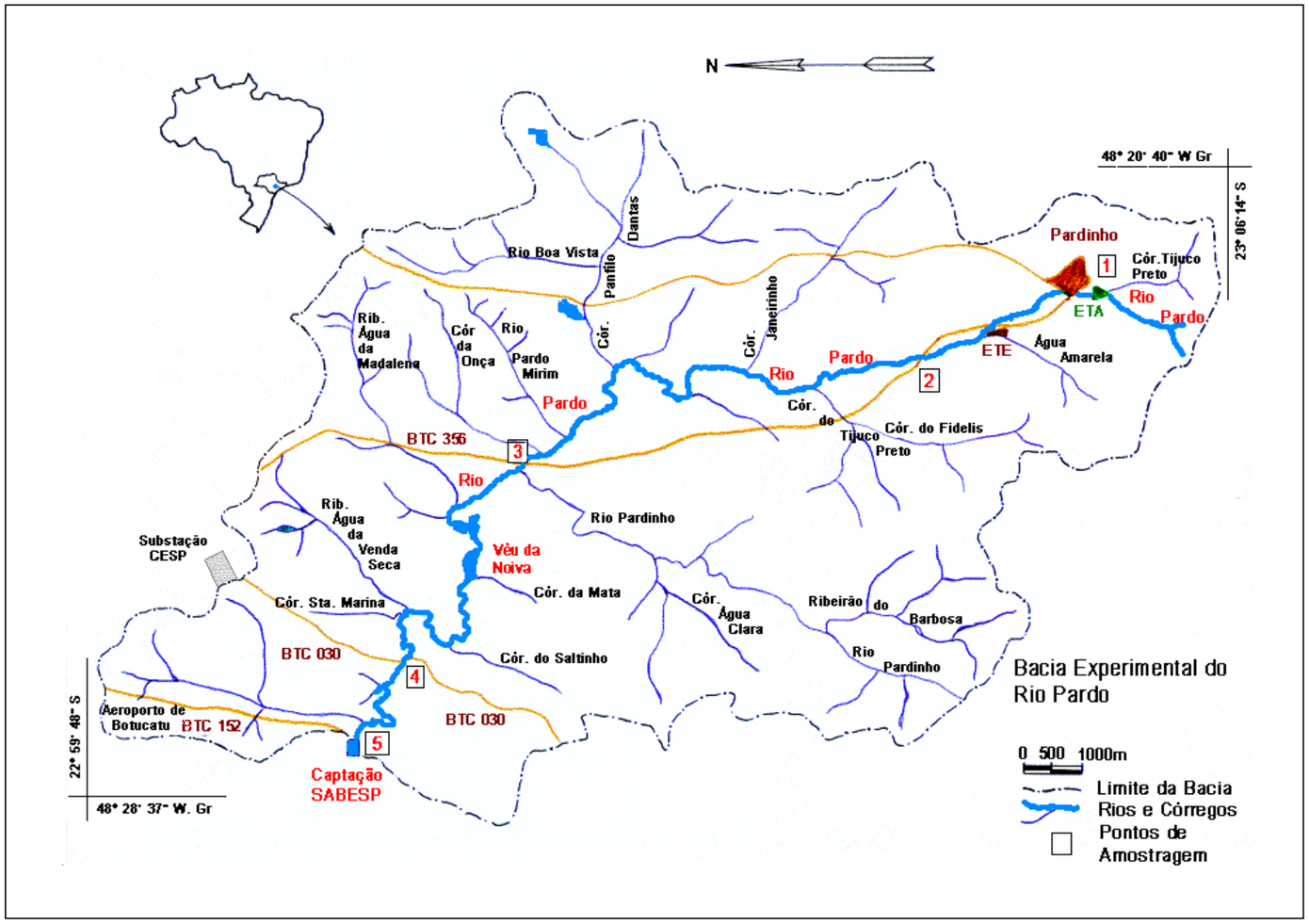


FIGURA 1 – Mapa da Bacia Experimental do Rio Pardo – região de Botucatu, SP

Essa área localiza-se entre as coordenadas $23^{o}06'14"$ e $22^{o}56'07"$ de latitude sul e, $48^{o}28'37"$ e $48^{o}20'40"$ de longitude oeste de Greenwich, com altitudes variando entre 1.000 e 830 m. (IBGE, 1969, IBGE, 1970).

Parte da área da Bacia Experimental do Rio Pardo encontra-se protegida pela A.P.A. de Botucatu (Área de Proteção Ambiental), criada pelo Decreto Estadual n.20.960 de 8 de junho de 1983 (Tornero, 1995), que visa proteger recursos naturais de áreas compreendidas nas 3 regiões fisiográficas existentes, ou seja, Depressão Periférica, Frente e Reverso da "Cuesta"de Botucatu (Souza et al., 1985), sendo que a área de estudo situa-se na área de transição entre a Frente e o Reverso da "Cuesta".

A Área de Proteção Ambiental de Botucatu (APA) abrange vários municípios da região, entre os quais, Botucatu e Pardinho. Segundo Tornero (1995), o município de Botucatu, com área total de 1.552 km^2, apresenta 26% de suas terras protegidas pela referida APA, enquanto que no município de Pardinho, com aproximadamente 200 km^2, a área de preservação permanente abrange 29% de sua terras. Segundo Tornero (1995), destacam-se nessas áreas, entre outros, o Rio Pardo (nascentes) e alguns de seus afluentes nos municípios de Botucatu e Pardinho.

Segundo (Carvalho, 1981), os terrenos das citadas regiões fisiográficas encontram-se, predominantemente, sobre a formação Bauru, sendo que o desenvolvimento pedogenético se deve a materiais retrabalhados, Neocenozóicos, das formações originárias de arenito Botucatu e Bauru, e das rochas eruptivas básicas (basalto).

Zimback (1997), em levantamento semi-detalhado dos solos da bacia hidrográfica do Alto Rio Pardo, que corresponde a uma área significativa da Bacia

Experimental em estudo, encontrou as seguintes unidades de solo: Latossolo Roxo (LR), Latossolo Vermelho Escuro (LE), Solos Litólicos (R), Podzólico Vermelho Amarelo (PV) e solos Hidromórficos. Segundo a autora, os solos da bacia, de forma geral, são pobres, não sendo apropriados à prática agrícola convencional, observando ainda que a atividade agrícola mais intensa se desenvolve em áreas próximas ao Rio Pardo, onde se concentram solos mais férteis.

Em relação à ocupação da área da Bacia Experimental do Rio Pardo, Tornero (1995) mostra que as culturas anuais, reflorestamentos, mata e mata ciliar representaram, em 1962, 11,83% da área e que em 1977 essa ocupação aumentou para 30,01% da área da Bacia. Tornero (1995) relata ainda que houve uma redução de 0,07% e 2,17% na área de mata e mata ciliar no período estudado. A ocupação por culturas anuais diversas e reflorestamentos apresentaram um expressivo aumento de 13,90% e 6,52%, respectivamente, do ano de 1962 para o ano de 1977, atribuídos ao fato da implantação de uma política de incentivos fiscais e à instalação de agroindústrias no período estudado, sobretudo empresas que trabalham com fibra de madeira para a fabricação de chapas.

Ribeiro (1998), estudando a ocupação da bacia hidrográfica do Alto Rio Pardo, verificou que mais de 60% da área eram ocupados por pasto sujo e limpo, recomendando um melhor aproveitamento em termos agrícolas.

No aspecto climático, a região pode ser enquadrada como tendo um clima mesotérmico, com estação mais seca no inverno, e segundo a classificação de Köppen como Cwa, com temperaturas médias anuais em torno de 20^{o}C e índices pluviométricos entre 1.100 e 1.700 mm anuais (Carvalho & Jim, 1983), podendo atingir valores superiores a 1.800 mm anuais, segundo Leopoldo et al (1998).

5.2 Pontos de coleta de amostras

Para a definição dos pontos de amostragens, bem como de suas respectiva altitudes, foram utilizadas IBGE, 1969, IBGE,1970, e com o acompanhamento de Engenheiros Agrônomos da Casa da Agricultura de Botucatu e de Pardinho, além de Técnicos do Departamento de Engenharia Rural da FCA/UNESP, escolhendo-se os pontos representativos após 4 campanhas preliminares à Bacia.

Nessas campanhas preliminares foram realizados também o levantamento de dados de localização geográfica dos pontos de amostragens, utilizando-se do GPS - Sistema de Posicionamento Global, modelo GPS-45-GARMIN, além do treinamento de pessoal responsável pela coleta, preservação e transporte das amostras.

As amostras de água foram coletadas em 5 pontos ao longo do curso do Rio Pardo, conforme se observa na Figura 1, podendo assim serem descritos:

Ponto 1 - Próximo à nascente do Rio Pardo, junto à Estação de Captação de Água da SABESP para abastecimento da cidade de Pardinho. A vegetação predominante é composta por gramíneas. Coordenadas Geográficas: $23^{o}05'06,7"$ S e $48^{o}22'31,7"$ W de Gr. Altitude de 900 metros (Figura 2).

Ponto 2 - A jusante da desembocadura Córrego Água Amarela, onde são lançados os efluentes da Estação de Tratamento de Esgoto de Pardinho. A vegetação é composta, predominantemente, por gramíneas. Coordenadas Geográficas: $23^{o}03'35,6"$ S e $48^{o}23'20,9"$ W de Gr. Altitude de 885 metros (Figura 3).



FIGURA 2 – Aspecto geral do Ponto 1



FIGURA 3 – Aspecto geral do Ponto 2



FIGURA 4 – Aspecto geral do Ponto 3

Ponto 3 - Ponte da rodovia BTC-356, divisa dos municípios de Pardinho e Botucatu, local caracterizado por intensa atividade agrícola desenvolvida em grandes propriedades. O local apresenta mata ciliar em bom estado de preservação. Coordenadas Geográficas: $22^{o}59'45"$ S e $48^{o}24'48,8"$ W de Gr. Altitude de 860 metros (Figura 4).

Ponto 4 - Ponte da rodovia BTC-030, área hortifrutigranjeira, caracterizada por inúmeras propriedades com pequenas áreas, localizadas no município de Botucatu. Neste trecho do Rio Pardo, encontram-se a represa da antiga “Usina Velha” e a Cachoeira “Véu da Noiva”, além de áreas de reflorestamento (Pinus), matas naturais e

vegetação de várzea. Coordenadas Geográficas: 22°58'49" S e 48°27'01,3" W de Gr. Altitude de 840 metros (Figura 5).



FIGURA 5 – Aspecto geral do Ponto 4

Ponto 5 - Chácara Santo Antonio, local próximo à Estação de Captação de Água da SABESP para abastecimento da cidade de Botucatu, com características semelhantes ao Ponto 4, quanto ao uso do solo, predominando as áreas hortifrutigranjeiras. Coordenadas Geográficas: 22°58'27,8" S e 48°27'54,8" W de Gr. Altitude de 830 metros (Figura 6).



FIGURA 6 – Aspecto geral do Ponto 5

5.3 Amostragem

O período de amostragens foi de agosto de 1996 a setembro de 1997, levando-se em consideração a sazonalidade e pluviosidade, de acordo com a seguinte distribuição:

a) 14 amostragens realizadas simultaneamente nos 5 pontos, com intervalos de aproximadamente um mês;

b) 14 amostragens intermediárias realizadas no ponto 5, com intervalos de aproximadamente 15 dias entre as amostragens mensais.

As amostras foram coletadas na metade do corte transversal do rio, a aproximadamente 10 cm da superfície da água, entre 12:30 e 14:00 horas, utilizando-se de coletores construídos segundo recomendações da CETESB (1987) e que pode ser visto na Figura 7.

No momento da coleta das amostras foi verificada a temperatura do ar e da água, procedendo-se a sua preservação, de acordo com orientações da CETESB (1987).



FIGURA 7 – Coletor de amostra de água

5.4 Variáveis estudadas

As amostras coletadas, conforme os itens 5.2 e 5.3, eram transportadas até o Laboratório de Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP-Botucatu, onde se realizavam as análises de acordo com metodologia adotada no mesmo, e se procedia à preservação das amostras que eram encaminhadas aos laboratórios do CEATOX e do Departamento de Ciências do Solo, onde se procediam às demais análises.

As variáveis químicas e físico-químicas foram determinadas através de metodologias preconizadas pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Greenberg et al., 1992), exceto aquelas com metodologias específicas e que são citadas junto às respectivas variáveis.

-**Temperatura do ar (Temp.ar) e da água (Temp.ág)**: Determinadas no momento da coleta de amostras, através de termômetro de mercúrio com escala de -10 a 50 ^{o}C e graduação 0,1 ^{o}C.

No Laboratório de Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP-Botucatu foram determinadas as seguintes variáveis:

- Oxigênio Dissolvido (OD): Foi determinado pelo método de Winkler modificado pela adição de azida sódica na amostra, onde o iodo desprendido, como resultado das reações que quimicamente ligam o oxigênio dissolvido na água, é medido quantitativamente com o tiossulfato de sódio através de titulação.

- **Demanda química de oxigênio (DQO)**: Foi determinada através do método desenvolvido por Graner et al. (1998)

- **Potencial hidrogeniônico (pH)**: A leitura do pH das amostras foi feita em um Medidor de pH da Digimed, modelo DMPH-2.

- **Turbidez (Turb)**: Foi determinada utilizando-se de um Turbidímetro da Polilab, modelo AP 1000 II, cuja unidade é NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez).

- **Condutividade elétrica (CE)**: A determinação da CE foi efetuada utilizando-se de um Condutivímetro DM 31 (digital), da Digimed.

- **Sólidos em suspensão (Ssus)**: Determinado pelo método gravimétrico, de acordo com Teixeira & Kutner (1962).

-**Sólidos sedimentáveis (SSed)**: Foi determinado pelo método do Cone de Imnhoff, de acordo com Silva (1977).

As determinações das concentrações de compostos clorados, fosforados, carbamatos, piretróides, e dos metais pesados mercúrio e chumbo, foram realizadas pelo CEATOX - Centro de Assistência Toxicológica da UNESP-Botucatu, e são descritas a seguir:

- **Clorados**: As amostras de água foram analisadas quanto à concentração dos seguintes padrões analíticos: Lindane, Aldrin, Heptacloro, Heptacloro Epoxido, Dieldrin, Eldrin, Endosulfan (Thiodan), DDE e DDT, utilizando-se do método da cromatografia em fase gasosa acoplada ao detetor de captura de elétrons, em um cromatógrafo CG 270, com limite de detecção de 0,03μg.L^{-1}.

- **Fosforados**: As amostra de água foram analisadas quanto à concentração dos seguintes padrões analíticos: Paration, Metil Paration, Triclorfon, DDVP,

Malation, Diazinon, Disulfoton, Monocrotofós e Clorpirifos, utilizando-se do método da cromatografia em fase gasosa acoplada a um detetor de nitrogênio e fósforo, em um cromatógrafo à gás modelo CG 37, com limite de detecção de 0,03μg.L^{-1}.

- **Carbamatos**: As amostra de água foram analisadas quanto à concentração dos seguintes padrões analíticos: Carbaril, Carbofuram, Asulan, Propoxur e Clorpofan, utilizando-se do método da cromatografia em fase gasosa acoplada a um detetor de nitrogênio e fósforo, em um cromatógrafo à gás modelo CG 37, com limite de detecção de 0,03μg. L^{-1}.

- **Piretróides**: As amostras de água foram analisadas quanto à concentração dos princípios ativos Cipermetrina e Deltametrina, utilizando-se do método da cromatografia em fase líquida de alta eficiência (HPLC), em um cromatógrafo modelo CG 480 C, com limite de detecção de 0,001mg. L^{-1}.

- **Mercúrio** - Na determinação das concentrações de mercúrio nas amostras de água foi utilizado o método da espectrofotometria de absorção atômica com atomização por geração de hidretos, modelo HG 3000, com limite de detecção de 0,1μg. L^{-1}.

- **Chumbo**: Nas determinações das concentrações de chumbo foi empregado o método da espectrofotometria de absorção atômica com atomização por chama modelo GBC 932 AA, com limite de detecção de 0,2μg. L^{-1}.

- **Macro e micronutrientes**: As análises das amostras foram efetuadas nos laboratórios do Departamento de Ciências do Solo da FCA/UNESP-Botucatu, onde se procedeu às determinações de espécies químicas, conforme o que se segue.

- **N** (nitrogênio total): através do método de Kjeldahl (digestão);

- **P e S:** empregando-se o método colorimétrico;

- K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn: empregado-se absorção atômica.

- **Vazão (Q)**: Determinada segundo Leopoldo & Sousa (1979), conforme descrito a seguir.

Para o registro contínuo da altura do nível da água do Rio Pardo, foi instalada, no Ponto 5, uma Estação Hidrométrica (Figura 8) com o emprego de Linígrafo da Hidrologia S/A, modelo LHG - 9s (Figura 9), com autonomia de 7 dias, instalado na escala 1:10, além de uma régua de referência.

A vazão foi calculada através da Curva-chave (Figura 10), obtida em função da calibração efetuada com o Molinete Hidrométrico Universal - tipo 505, marca AMSER da Suíça (Figura 11).



FIGURA 8 – Vista geral da Estação Hidrométrica



FIGURA 9 – Linígrafo modelo LHG – 9s

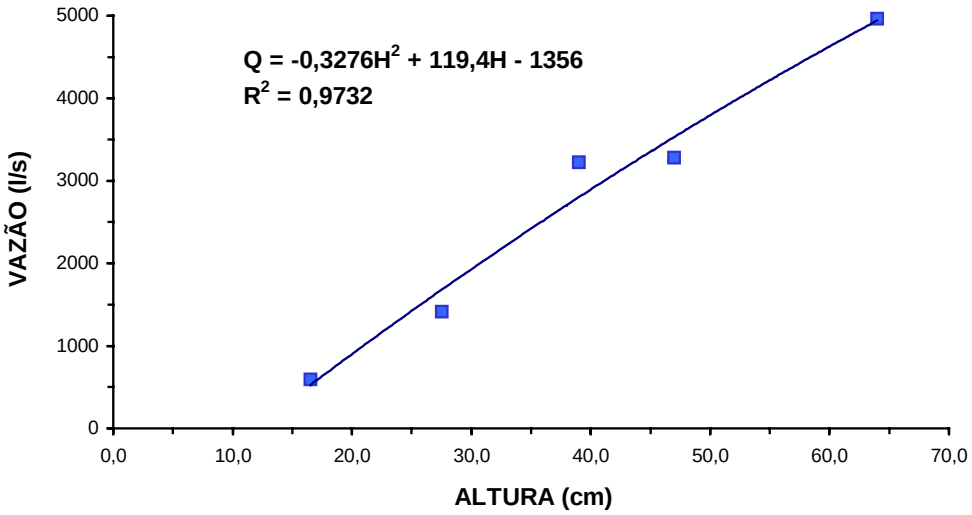


FIGURA 10 – Curva-chave do Rio Pardo

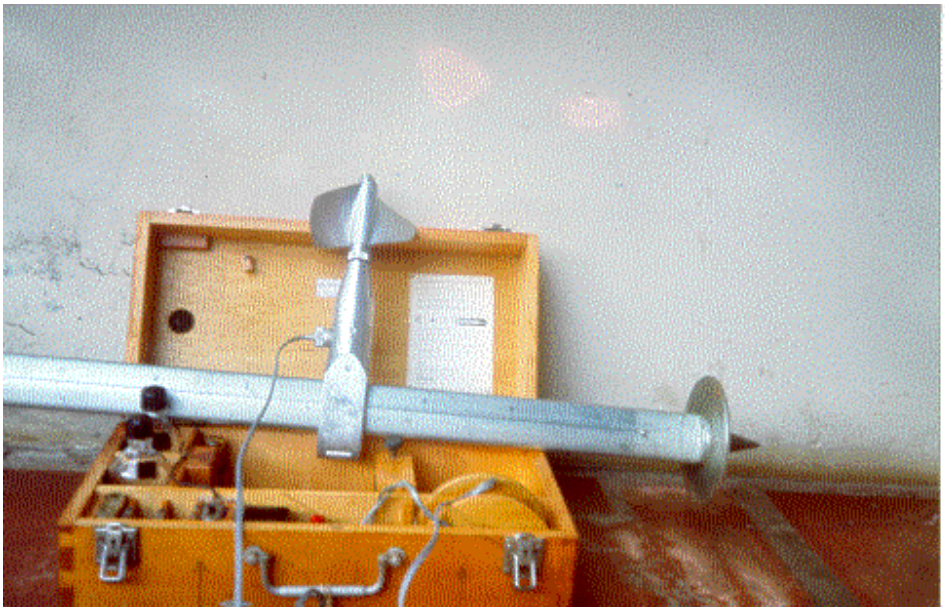


FIGURA 11 – Molinete Hidrométrico Universal

Conforme mostra a Fig. 10, a Curva-chave foi estabelecida através de 5 medições com o rio em diferentes alturas, observadas na régua de referência, ou seja: 16,5; 27,5; 39,0; 47,0 e 64,0 cm.

A Curva-chave foi estabelecida, dividindo-se a seção transversal do rio em verticais a cada 1 metro, onde a medição da velocidade da água se dava a 60% de profundidade da vertical, a qual foi considerada como sendo a velocidade média do perfil (Vmed = $V_{0,6}$) (Leopoldo & Sousa , 1979).

A Figura 12 mostra o perfil topográfico da seção transversal do Rio Pardo, obtida em uma das oportunidades em que foram coletados os dados para a determinação da Curva-chave, em local próximo à Estação Hidrométrica, instalada no Ponto 5.

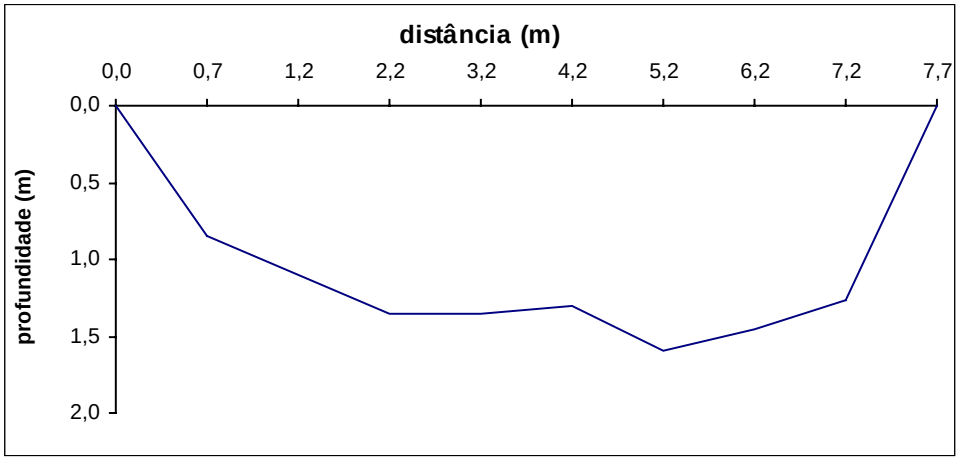


FIGURA 12 – Perfil topográfico do Rio Pardo em 23/04/98, no Ponto 5.

- **Precipitação Pluviométrica (PREC)**: A precipitação da Bacia foi determinada através de média aritmética, considerando-se a diferença de altitude relativamente pequena entre os pontos de coleta de dados. Utilizou-se de dados obtidos em 3 postos pluviométricos, assim distribuídos: Casa da Agricultura de Pardinho (próximo ao Ponto 1), Fazenda Água Santa (próximo ao Ponto 2) e Chácara Santo Antonio (Ponto 5).

6 . RESULTADOS E DISCUSSÃO

A água passou a ser considerada um bem econômico a partir da implantação da política de recursos hídricos no Brasil, através da Lei 9 433/97 (ABRH, 1997; Cabral, 1997), que dá as diretrizes gerais para o setor de gerenciamento desses recursos. No Estado de São Paulo, a Lei 7663/91 estabeleceu o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (São Paulo, 1994).

Um sistema de gerenciamento eficaz necessita de planejamento adequado, que utilize dados relacionados à ocupação e manejo da área da bacia e, principalmente, aqueles relacionados aos aspectos quantitativos e qualitativos da água.

Portanto, o presente trabalho, como já foi ressaltado, visa fornecer subsídios ao planejamento e gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, considerada no estudo, referentes ao aspectos quantitativos e qualitativos de suas águas.

Como se observou no capítulo Material e Métodos, foram determinadas 25 variáveis nas amostras de água coletadas nas 14 amostragens realizadas nos 5 pontos da Bacia Hidrográfica, em intervalos de aproximadamente um mês. Essas variáveis, que permitem avaliar aspectos da qualidade da água, foram também determinadas no Ponto 5, em datas intermediárias às amostragens mensais.

De acordo com esse procedimento, durante o período em que se desenvolveu a pesquisa (agosto de 1996 a setembro de 1997) foram coletadas 84 amostras de água, totalizando 2 100 dados, além daqueles relacionados à vazão e à precipitação.

Com o objetivo de propiciar uma visão geral e fornecer um banco de dados de fácil acesso, optou-se por apresentar, nos Quadros 2, 3, 4, 5, 6 e 7, os dados brutos referentes aos resultados das análises das amostras de água.

Nos Quadros 8, 9, 10, 11, 12 e 13 são apresentados os dados destinados à avaliação quantitativa das águas da Bacia Experimental do Rio Pardo.

Ressalta-se que a vazão foi determinada no Ponto 5, ou seja, à saída da referida Bacia, a partir de registros contínuos da altura do nível da água do rio, obtidos através de um linígrafo, e da curva-chave característica, e a precipitação (Quadro 8 e Figura 13) obtida através de dados de 3 postos pluviométricos existentes na Bacia.

QUADRO 2 - Resultados das variáveis determinadas nas amostras de água, coletadas mensalmente no Ponto 1, no período de agosto de 1996 a agosto de 1997.

Variáveis/Data	21/08	18/09	16/10	13/11	11/12	08/01	05/02	05/03	02/04	30/04	28/05	26/06	23/07	20/08
Temp.ar (^oC)	24,00	20,00	24,50	26,00	30,00	27,50	29,00	25,50	22,00	25,00	17,00	25,00	17,00	28,00
Temp.água (^oC)	19,50	19,00	22,00	23,00	25,00	26,00	24,00	23,50	22,00	21,50	16,50	19,00	17,00	20,00
CE ($\mu S.cm^{-1}$)	29,30	30,30	31,00	28,10	28,40	26,30	22,30	25,10	26,40	25,40	24,70	25,10	21,00	21,40
pH	4,44	6,61	6,50	6,26	6,35	6,37	6,15	6,12	6,20	6,17	6,13	6,49	6,44	6,27
Turb. (NTU)	9,7	18,0	44,0	16,0	11,0	24,0	12,0	17,0	18,0	15,0	27,0	15,0	10,0	8,0
OD ($mg.L^{-1}$)	6,48	5,64	5,76	4,00	4,90	3,24	4,62	4,65	5,68	4,70	5,87	5,41	7,68	6,24
DQO ($mg.L^{-1}$)	<1,00	8,33	0,23	16,90	21,08	12,0	<1,00	19,36	5,63	17,82	15,68	3,42	18,62	10,29
Ssus ($mg.L^{-1}$)	6,80	10,40	26,40	13,60	9,20	6,80	7,00	10,40	28,00	8,40	16,80	9,60	3,20	8,00
Ssed ($mL.\ L^{-1}$)	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,6	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,3	<0,10
Clorado ($\mu g.\ L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fosforado ($\mu g.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Carbamato ($\mu g.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Piretróide ($mg.L^{-1}$)	nd	0,010*	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Mercúrio ($\mu g.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chumbo ($\mu g.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
N ($mg.L^{-1}$)	14,00	11,20	8,40	nd	8,40	11,20	16,80	13,00	4,20	1,40	7,00	10,00	12,00	16,10
P ($mg.L^{-1}$)	0,12	0,17	0,22	0,17	0,15	0,15	0,32	0,10	0,14	0,11	0,10	0,10	0,19	0,22
K ($mg.L^{-1}$)	1,07	1,62	2,00	0,79	1,22	1,56	0,67	0,97	1,47	0,63	1,59	1,07	0,94	0,53
Ca ($mg.L^{-1}$)	0,50	0,56	0,65	0,74	0,72	0,67	0,60	0,49	0,50	0,46	0,43	0,47	0,37	0,34
Mg ($mg.L^{-1}$)	0,58	0,58	0,65	0,75	0,71	0,69	0,59	0,52	0,45	0,46	0,44	0,43	0,43	0,44
S ($mg.L^{-1}$)	0,32	0,80	1,28	0,96	0,88	0,32	0,73	0,75	0,40	0,56	0,70	0,50	0,72	0,40
Fe ($mg.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,90	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Zn ($mg.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cu ($mg.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Mn ($mg.L^{-1}$)	0,03	0,09	0,07	0,09	0,04	0,10	0,12	nd	0,07	0,07	0,03	0,07	0,03	0,01

* = cipermetrina nd = não detectado

QUADRO 3 - Resultados das variáveis determinadas nas amostras de água, coletadas mensalmente no Ponto 2, no período de agosto de 1996 a agosto de 1997.

Variáveis/Data	21/08	18/09	16/10	13/11	11/12	08/01	05/02	05/03	02/04	30/04	28/05	26/06	23/07	20/08
Temp.ar (^oC)	26,50	23,50	25,00	27,00	26,50	27,00	27,00	26,00	22,00	25,50	16,00	24,50	18,00	28,00
Temp.água (^oC)	18,50	18,00	20,50	22,50	23,50	24,00	23,50	23,00	20,50	19,00	15,50	17,50	16,00	18,00
CE ($\mu S.cm^{-1}$)	42,30	44,10	48,70	49,80	56,70	42,90	36,70	43,40	37,80	42,20	44,70	41,70	39,80	47,20
pH	6,88	6,82	6,77	6,75	6,68	6,71	6,45	6,54	6,49	6,62	6,57	6,72	6,72	6,64
Turb. (NTU)	8,60	8,80	15,00	15,00	16,00	16,00	17,00	15,00	20,00	7,05	52,00	8,50	7,00	12,00
OD ($mg.L^{-1}$)	7,17	6,20	7,33	5,80	5,20	4,32	5,19	5,67	6,05	7,15	6,44	6,85	7,66	6,84
DQO ($mg.L^{-1}$)	7,10	6,36	5,13	17,89	24,26	19,11	4,16	22,79	9,06	10,29	13,72	7,10	27,21	11,51
Ssus ($mg.L^{-1}$)	4,00	6,00	8,80	9,20	9,60	4,00	10,00	11,20	36,00	3,60	35,20	5,60	4,00	9,20
Ssed ($mL.L^{-1}$)	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,8	<0,10	0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,20	<0,10
Clorado ($\mu g.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fosforado ($\mu g.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Carbamato ($\mu g.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Piretróide ($mg.L^{-1}$)	nd	0,010*	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Mercúrio ($\mu g.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chumbo ($\mu g.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
N ($mg.L^{-1}$)	19,60	14,00	16,90	11,20	14,00	14,00	7,00	3,00	7,00	4,20	10,00	8,00	4,90	4,20
P ($mg.L^{-1}$)	0,17	0,15	0,20	0,25	0,22	0,22	0,25	0,07	0,16	0,08	0,10	0,10	0,19	0,27
K ($mg.L^{-1}$)	1,13	1,33	1,49	1,05	1,31	1,31	1,15	1,21	1,43	0,74	1,93	1,13	1,10	0,97
Ca ($mg.L^{-1}$)	0,98	1,08	1,20	1,27	1,44	1,31	1,10	0,83	0,83	0,81	1,10	0,83	0,76	0,77
Mg ($mg.L^{-1}$)	0,88	0,90	0,97	1,03	1,08	0,95	0,93	0,79	0,69	0,71	0,77	0,71	0,75	0,78
S ($mg.L^{-1}$)	0,48	0,72	1,04	0,72	0,96	0,56	0,96	0,75	0,48	0,56	0,90	0,60	0,48	0,48
Fe ($mg.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Zn ($mg.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cu ($mg.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Mn ($mg.L^{-1}$)	0,02	0,06	0,06	nd	0,05	0,01	0,09	nd	0,04	0,05	0,03	0,08	0,02	nd

* = cipermetrina nd = não detectado

QUADRO 4 - Resultados das variáveis determinadas nas amostras de água, coletadas mensalmente no Ponto 3, no período de agosto de 1996 a agosto de 1997.

Variáveis/Data	21/08	18/09	16/10	13/11	11/12	08/01	05/02	05/03	02/04	30/04	28/05	26/06	23/07	20/08
Temp.ar (^oC)	24,00	21,50	23,50	29,00	23,00	25,00	26,50	24,00	23,00	24,00	15,50	18,50	15,00	26,00
Temp.água (^oC)	17,50	18,50	20,00	23,50	23,00	24,00	25,00	23,00	21,00	18,50	16,50	17,50	15,50	17,50
CE ($\mu S.cm^{-1}$)	27,70	32,20	27,70	32,50	29,20	30,70	26,50	28,60	23,00	29,90	23,00	26,20	22,70	25,90
pH	6,72	6,70	6,56	6,68	6,58	6,64	6,32	6,49	6,40	6,55	6,44	6,63	6,65	6,57
Turb. (NTU)	12,0	13,0	16,0	17,0	22,0	23,0	18,0	18,0	22,0	18,0	18,0	16,0	13,0	27,0
OD ($mg.L^{-1}$)	7,58	5,65	7,02	6,10	4,90	5,77	4,21	5,16	5,63	7,00	6,50	7,56	7,88	7,30
DQO ($mg.L^{-1}$)	9,31	<1,00	8,82	20,10	16,90	14,95	1,21	15,44	17,40	4,89	11,27	12,79	16,17	19,60
Ssus ($mg.L^{-1}$)	6,80	10,00	11,20	10,40	20,80	25,60	12,80	18,40	42,00	10,40	12,00	12,40	6,80	13,60
Ssed ($mL.L^{-1}$)	0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,6	0,15	0,15	0,10	0,12	0,15	<0,10	0,35	0,12
Clorado ($\mu g.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fosforado ($\mu g.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Carbamato ($\mu g.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Piretróide ($mg.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,001*	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Mercúrio ($\mu g.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chumbo ($\mu g.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
N ($mg.L^{-1}$)	11,20	14,00	10,00	5,60	8,40	25,20	8,40	6,00	1,40	2,80	7,00	11,00	14,00	4,20
P ($mg.L^{-1}$)	0,15	0,17	0,22	0,35	0,22	0,22	0,20	0,15	0,16	0,11	0,10	0,10	0,19	0,32
K ($mg.L^{-1}$)	0,78	1,50	1,13	0,68	0,76	1,10	0,82	0,87	0,88	0,52	1,01	0,68	0,70	0,59
Ca ($mg.L^{-1}$)	0,79	0,88	0,81	0,97	0,91	0,85	0,95	0,72	0,66	0,73	0,57	0,63	0,52	0,57
Mg ($mg.L^{-1}$)	0,70	0,75	0,72	0,87	0,79	0,78	0,86	0,70	0,51	0,66	0,52	0,55	0,50	0,57
S ($mg.L^{-1}$)	0,96	1,28	0,72	0,64	0,88	0,24	0,48	0,67	0,56	0,56	0,80	0,90	0,32	0,64
Fe ($mg.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Zn ($mg.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cu ($mg.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Mn ($mg.L^{-1}$)	0,03	0,04	0,01	0,01	0,01	nd	0,04	nd	0,01	0,08	0,08	0,03	nd	0,03

* = cipermetrina nd = não detectado

QUADRO 5 - Resultados das variáveis determinadas nas amostras de água, coletadas mensalmente no Ponto 4, no período de agosto de 1996 a agosto de 1997.

Variáveis/Data	21/08	18/09	16/10	13/11	11/12	08/01	05/02	05/03	02/04	30/04	28/05	26/06	23/07	20/08
Temp.ar (^oC)	26,00	21,50	24,50	31,50	26,00	25,00	26,50	26,00	24,00	23,00	16,00	23,00	17,00	25,00
Temp.água (^oC)	17,00	19,50	20,50	24,00	24,00	24,00	25,00	23,00	21,00	18,50	16,50	17,00	16,00	18,00
CE ($\mu S.cm^{-1}$)	27,10	27,70	25,40	30,40	24,80	25,80	26,00	27,20	24,20	26,50	20,60	24,10	22,4	24,10
PH	7,05	6,89	6,88	6,96	6,81	6,94	6,64	6,78	6,77	6,91	6,09	6,84	6,86	6,99
Turb. (NTU)	7,20	11,00	26,00	13,00	55,00	29,00	27,00	24,00	24,00	13,00	27,00	12,00	14,00	9,20
OD ($mg.L^{-1}$)	8,13	5,96	7,68	6,50	6,70	6,75	6,77	7,26	7,00	7,05	8,10	8,11	8,58	8,06
DQO ($mg.L^{-1}$)	0,72	<1,00	3,18	13,23	17,40	6,12	<1,00	6,61	1,70	12,25	11,46	11,21	15,87	8,57
Ssus ($mg.L^{-1}$)	4,00	5,20	16,00	5,60	20,00	21,20	15,60	18,00	41,00	4,80	24,00	5,60	6,40	6,4
Ssed ($mL.L^{-1}$)	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	1,20	0,15	0,15	<0,10	0,15	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Clorado ($\mu g.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fosforado ($\mu g.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Carbamato ($\mu g.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Piretróide ($mg.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Mercúrio ($\mu g.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chumbo ($\mu g.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
N ($mg.L^{-1}$)	25,20	16,80	16,80	11,20	11,20	8,40	4,20	6,00	7,00	7,00	4,00	9,00	5,60	4,20
P ($mg.L^{-1}$)	0,20	0,12	0,25	0,20	0,17	0,20	0,27	0,05	0,22	0,11	0,10	0,10	0,19	0,24
K ($mg.L^{-1}$)	0,85	1,42	1,43	0,73	0,89	0,96	0,96	1,02	1,28	0,53	0,96	0,79	0,76	0,55
Ca ($mg.L^{-1}$)	0,71	0,64	0,61	0,91	0,74	0,84	0,83	0,65	0,60	0,69	0,45	0,56	0,49	0,53
Mg ($mg.L^{-1}$)	0,72	0,65	0,62	0,89	0,71	0,80	0,85	0,70	0,56	0,70	0,47	0,57	0,54	0,62
S ($mg.L^{-1}$)	0,64	0,80	0,72	0,72	0,80	0,72	0,80	0,84	0,56	0,80	0,60	0,70	0,48	0,72
Fe ($mg.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Zn ($mg.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cu ($mg.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Mn ($mg.L^{-1}$)	0,02	0,05	nd	nd	nd	0,03	nd	nd	0,01	0,03	0,01	0,11	nd	0,02

* = cipermetrina nd = não detectado

QUADRO 6 - Resultados das variáveis determinadas nas amostras de água, coletadas mensalmente no Ponto 5, no período de agosto de 1996 a agosto de 1997.

Variáveis/Data	21/08	18/09	16/10	13/11	11/12	08/01	05/02	05/03	02/04	30/04	28/05	26/06	23/07	20/08
Temp.ar (^oC)	25,50	21,50	23,00	28,00	25,00	28,00	28,50	27,00	25,00	25,00	17,00	23,00	20,00	28,00
Temp.água (^oC)	18,00	20,00	20,50	24,00	24,00	24,50	24,50	22,00	21,00	19,00	16,50	18,00	16,50	19,00
CE ($\mu S.cm^{-1}$)	27,50	27,40	25,10	30,00	25,90	25,40	25,80	27,40	24,80	27,90	20,10	23,60	22,00	23,90
pH	6,96	6,81	6,83	6,90	6,82	6,87	6,58	6,70	6,67	6,89	6,51	6,80	6,82	6,84
Turb. (NTU)	7,90	11,00	25,00	12,00	58,00	27,00	27,00	25,00	23,00	14,00	44,00	12,00	13,00	9,50
OD ($mg.L^{-1}$)	8,19	6,25	7,29	7,00	6,40	6,44	6,32	6,69	6,85	7,07	8,00	7,95	8,42	8,22
DQO ($mg.L^{-1}$)	<1,00	<1,00	12,98	7,83	16,96	1,23	5,63	25,25	6,11	15,93	8,33	11,36	19,66	2,19
Ssus ($mg.L^{-1}$)	4,80	7,20	14,80	6,00	22,40	18,00	21,60	18,00	25,00	4,00	37,30	8,80	4,00	3,20
Ssed ($mL.L^{-1}$)	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,80	1,00	0,10	0,10	0,10	<0,10	0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Clorado ($\mu g.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fosforado ($\mu g.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Carbamato ($\mu g.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Piretróide ($mg.L^{-1}$)	nd	0,009*	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Mercúrio ($\mu g.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chumbo ($\mu g.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
N ($mg.L^{-1}$)	8,40	19,60	5,60	5,60	11,20	14,00	9,80	11,00	1,40	4,20	8,00	20,00	9,10	4,90
P ($mg.L^{-1}$)	0,17	0,15	0,20	0,17	0,22	0,20	0,32	0,05	0,14	0,11	0,10	0,10	0,27	0,35
K ($mg.L^{-1}$)	0,89	1,38	1,37	0,71	0,91	0,90	0,99	1,03	1,28	0,52	0,77	0,73	0,76	0,50
Ca ($mg.L^{-1}$)	0,71	0,64	0,65	0,90	0,74	0,82	0,83	0,67	0,61	0,71	0,37	0,57	0,48	0,50
Mg ($mg.L^{-1}$)	0,73	0,65	0,63	0,91	0,71	0,81	0,85	0,71	0,57	0,72	0,38	0,55	0,53	0,60
S ($mg.L^{-1}$)	0,48	0,88	0,64	0,56	1,04	0,88	1,04	0,92	0,56	0,64	0,60	0,80	0,40	0,80
Fe ($mg.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Zn ($mg.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cu ($mg.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Mn ($mg.L^{-1}$)	0,02	0,02	nd	0,03	0,01	0,01	0,02	nd	0,02	0,04	0,01	0,02	nd	0,02

* = cipermetrina nd = não detectado

QUADRO 7 - Resultados das variáveis determinadas nas amostras de água, coletadas em datas intermediárias, no Ponto 5, no período de agosto de 1996 a setembro de 1997.

Variáveis/Data	04/09	02/10	30/10	27/11	26/12	22/01	19/02	19/03	16/04	14/05	11/06	09/07	06/08	03/9
Temp.ar (^oC)	20,50	28,00	29,00	26,00	27,00	22,50	27,50	26,50	26,00	19,50	21,50	23,50	20,0	28,0
Temp.água (^oC)	18,00	22,00	23,50	22,00	24,50	20,00	24,00	22,50	21,00	17,80	14,50	18,00	14,0	19,0
CE ($\mu S.cm^{-1}$)	28,00	29,10	27,30	28,50	24,70	13,80	23,70	27,60	27,80	27,20	20,20	24,10	23,7	27,5
PH	6,79	6,89	6,82	6,87	6,62	6,22	6,53	6,78	6,83	6,77	6,71	6,84	6,84	6,87
Turb. (NTU)	14,00	13,00	14,00	13,00	37,00	220,00	34,00	17,00	14,00	13,00	14,00	11,00	9,5	11,0
OD ($mg.L^{-1}$)	7,60	6,87	7,00	7,30	6,20	6,33	5,61	6,70	7,10	7,94	8,09	8,00	8,43	8,09
DQO ($mg.L^{-1}$)	<1,00	15,44	15,68	2,69	14,46	24,75	21,00	20,83	8,82	5,63	15,68	10,78	7,34	<1,00
Ssus ($mg.L^{-1}$)	9,20	6,40	8,00	6,40	18,80	304,00	17,60	22,00	8,80	4,80	4,00	4,40	4,2	8,8
Ssed ($mL.L^{-1}$)	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,40	4,40	0,15	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<01,0	<010	<010
Clorado ($\mu g.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Fosforado ($\mu g.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Carbamato ($\mu g.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Piretróide ($mg.L^{-1}$)	0,011*	nd	0,017*	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Mercúrio ($\mu g.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chumbo ($\mu g.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
N ($mg.L^{-1}$)	14,00	14,00	8,40	28,00	16,80	nd	7,00	5,60	7,00	7,00	8,00	16,80	19,60	5,60
P ($mg.L^{-1}$)	0,25	0,20	0,17	0,22	0,20	0,72	0,35	0,19	0,11	0,10	0,10	0,22	0,24	0,19
K ($mg.L^{-1}$)	1,23	0,91	0,83	0,65	1,10	1,34	1,08	0,57	0,53	0,49	0,75	0,58	0,50	0,66
Ca ($mg.L^{-1}$)	0,65	0,81	0,78	0,84	0,67	0,31	0,75	0,78	0,72	0,61	0,52	0,53	0,50	0,59
Mg ($mg.L^{-1}$)	0,70	0,82	0,79	0,84	0,65	0,32	0,73	0,76	0,73	0,66	0,48	0,59	0,57	0,66
S ($mg.L^{-1}$)	0,80	0,56	0,64	0,72	0,96	1,04	0,64	0,48	0,64	0,60	0,40	0,32	1,04	1,04
Fe ($mg.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Zn ($mg.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cu ($mg.L^{-1}$)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Mn ($mg.L^{-1}$)	0,03	0,03	0,01	0,01	nd	nd	0,02	0,04	0,05	0,02	0,02	nd	0,01	0,03

* = cipermetrina nd = não detectado

6.1 Aspectos quantitativos

A Bacia Hidrográfica do Rio Pardo é considerada de extrema importância para a região, principalmente no que se refere ao abastecimento das cidades de Pardinho e Botucatu. Segundo Herrera et al.(1998), a demanda de água da cidade de Botucatu se encontrava em torno de 260 $L.dia^{-1}$ "per capita", e considerando-se as estimativas de crescimento populacional dessa cidade, que no ano 2007 teria 187.701 habitantes, estimaram que nessa data a capacidade de bombeamento da estação da SABESP, atingiria os limites de atendimento à demanda e da mesma forma, a capacidade de reservação na cidade, com a atual estrutura com capacidade de 12.500 m^3, atingiria os limites mínimos recomendados de 1/3 da demanda (Barth et al., 1987).

Durante o período experimental neste manancial, verificou-se descarga mínima de 361 $L.s^{-1}$ (Quadro 9), o que corresponde a 31.190,4 $m^3.dia^{-1}$. Esses dados demonstraram que a demanda poderá superar a disponibilidade hídrica do referido manancial, se a demanda atual (29.987 $m^3.dia^{-1}$ em 1997) e a população mantiverem-se de acordo com as estimativas de Herrera et al.(1998), já que a quantidade de água retirada para o abastecimento de Botucatu, na ocasião, representou 96% da descarga gerada pela Bacia, configurando, de acordo com Barth et al. (1987), um sintoma de escassez temporária.

Salienta-se que essa vazão se deu em curto período de estiagem (Quadro 8), no decorrer de um intervalo não superior a uma semana. Como foi ressaltado, a precipitação média da região situa-se em torno de 1.500 mm anuais, podendo atingir mais de 1.800mm (Leopoldo et al. 1998) e segundo Carvalho & Jim (1983) varia entre 1.100 e 1.700 mm anuais, observou-se que a precipitação média na Bacia Experimental do Rio Pardo foi de

.....colocar Quadro 8

QUADRO 9 - Vazões determinadas no momento da coleta das 28 amostragens realizadas no Ponto 5, no Rio Pardo, no período de 21 de agosto de 1996 a 03 de setembro de 1997.

DATAS	Vazões ($m^3.s^{-1}$)
21/Ago	0,901
04/Set	2,422
18/Set	1,321
02/Out	0,361
16/Out	2,031
30/Out	1,321
13/Nov	0,579
27/Nov	0,579
11/Dez	1,269
26/Dez	3,585
08/Jan	2,802
22/Jan	6,942
05/Fev	5,021
19/Fev	4,548
05/Mar	3,576
19/Mar	3,172
02/Abr	5,248
16/Abr	2,129
30/Abr	1,931
14/Mai	1,629
28/Mai	3,172
11/Jun	2,373
26/Jun	2,129
09/Jul	1,730
23/Jul	2,470
06/Ago	1,321
20/Ago	0,794
03/Set	0,633

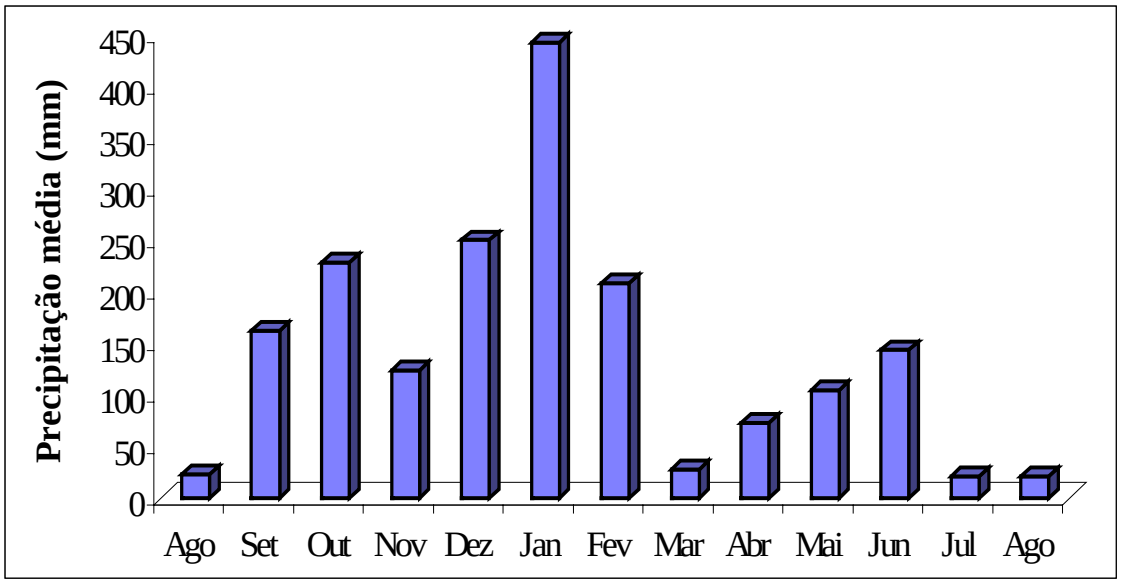


FIGURA 13 - Precipitação mensal da Bacia Experimental do Rio Pardo (média dos 3 postos pluviométricos), obtida para o período de agosto de 1996 a agosto de 1997

1.835 mm durante a pesquisa, no período de agosto de 1996 a agosto de 1997. Portanto, como esse período não se apresentou como sendo um ano caracterizado por seca hidrológica, essa observação torna-se mais significativa e preocupante.

Situações semelhantes foram verificadas por Campani (1996) na bacia do Rio Gravataí, onde o aumento na demanda de água provocou interrupção no fornecimento de água em diversas cidades do Estado do Rio Grande do Sul, e Krebs et al. (1997) constatou que na bacia hidrográfica do rio Araranguá (SC), onde o aumento de áreas irrigadas tem provocado redução nos valores de vazão, que, segundo os autores, poderá ocasionar um

grande colapso no abastecimento de várias cidades, além de comprometer futuros projetos de irrigação.

Além desse aspecto, é preciso considerar que as cidades de Pardinho e Botucatu, situadas em áreas de transição entre a Frente e o Reverso da "Cuesta de Botucatu" (Souza et al., 1985), com altitudes de até 1.000 metros, têm como principal manancial de abastecimento a Bacia Hidrográfica do Rio Pardo. Mananciais que eventualmente poderiam ser utilizados, como o lago formado pela Represa de Barra Bonita no rio Tietê, além de apresentar águas de qualidade insatisfatória (Nascimento, 1989) e condições topográficas desfavoráveis, situa-se a uma distância relativamente grande das cidades de Pardinho e Botucatu.

Outro manancial seria a Represa de Jurumirim no Rio Paranapanema, porém, devido à distância, pode se considerar inviável economicamente. Mananciais mais próximos situam-se na região fisiográfica denominada Depressão Periférica com altitudes em torno de 500 metros (Souza et al., 1985).

A título de exemplo, e de acordo com Leopoldo (1998) [(*)], se houvesse a necessidade de bombeamento de água para abastecimento de Botucatu ou Pardinho, originária da bacia do Tietê, considerando-se uma diferença de nível (ΔH) de 400 metros, estima-se que seria necessário a instalação de equipamento de recalque de potência igual ou

---

[(*)] Leopoldo, P.R. Professor do Departamento de Engenharia Rural –FCA/UNESP – Campus de Botucatu. **Comunicação pessoal.** 1998.

superior a 6,7 HP por litro de água bombeada, considerando-se um rendimento de 80%. Nas condições atuais, com o aproveitamento do rio Pardo, o recalque pode ser feito à razão de 0,67 HP por litro, tomando-se por base uma diferença de nível de 400 m e similar rendimento à condição anterior, essa diferença representaria um aumento da ordem de 900% na demanda energética, visando-se o atendimento dos mesmos objetivos.

Assim, o aumento na demanda de água potável, em função da expansão urbana que se verifica, principalmente em Botucatu, determinará, a médio prazo, a busca de outros mananciais, com elevados custos nos processos de captação e recalque e que, certamente, serão repassados aos consumidores. Essas observações indicam a necessidade de gestão apropriada, e até diferenciada para a Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.

É preciso considerar ainda que a vazão da Bacia Experimental do Rio Pardo sofreu grandes variações no período de estudo. Observou-se que houve um incremento na vazão de mais de 19 vezes, considerando-se a menor vazão (0,361 $m^3.s^{-1}$) determinada em outubro de 1996 e a maior vazão (6,942 $m^3.s^{-1}$) ocorrida em janeiro de 1997, por ocasião das chuvas mais intensas, chegando a ser considerada, por proprietários rurais da área, como a maior enchente dos últimos 10 anos.

Salienta-se que o aspecto quantitativo em temos de produção hídrica deverá ser realizado em trabalhos futuros, visando-se dar maiores subsídios à caracterização da Bacia, tendo-se em vista de que se dispõe de dados necessários para esse objetivo, ou seja, registros contínuos da altura da água do Rio Pardo, obtidos através do linígrafo descrito anteriormente.

Um outro fator a ser considerado é aquele relacionado ao uso e manejo do solo de bacias hidrográficas e suas implicações no que se refere ao próprio solo e à água dessas bacias.

Quando o uso do solo, bem como as práticas conservacionistas são feitas de forma inadequada, podem ocasionar sérios problemas, como perdas de consideráveis volumes de solo, geralmente solo arável, rico em matéria orgânica, e perdas de fertilizantes e contaminação por defensivos agrícolas (Henry & Gouveia, 1993; Huntzinger & Stamer, 1995; Van Eps et al., 1998, entre outros), além de provocar assoreamento de rios e reservatórios (Carvalho, 1994).

A descarga ou transporte diário do material sólido em suspensão e de elementos químicos, como os nutrientes, provenientes da Bacia Hidrográfica em estudo, foi calculada através do produto da vazão pelas concentrações diárias das referidas variáveis, conforme Equação (1), citada no capítulo referente à revisão bibliográfica.

O Quadro 10 mostra os dados relativos às descargas ($kg.dia^{-1}$) verificadas na saída da Bacia Experimental do Rio Pardo (Ponto 5), quanto às variáveis: sólidos em suspensão, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, envolvendo as amostragens mensais e as intermediárias.

Observa-se, no Quadro 10, que no dia 22 de janeiro, quando da ocorrência de intensas chuvas e da maior vazão verificada durante o período experimental (Quadros 8 e 9), detectou-se elevados valores de sólidos em suspensão e nutrientes, excetuando-se o nitrogênio.

No caso do nitrogênio, valores não detectados, podem ser entendidos pela complexidade da dinâmica do nitrogênio e pelo efeito da diluição. Para os demais nutrientes, sua presença pode ser explicada devido ao grande incremento de resíduo orgânico e minerais originários dos solos, contido nos sólidos em suspensão.

QUADRO 10 – Descargas diárias (kg.dia^{-1}) de material sólido em suspensão e de algumas espécies químicas, obtidas nas 28 amostragens realizadas no Ponto 5.

DATAS	Ssus	N	P	K	Ca	Mg	S
21/Ago	373,7	653,9	13,2	69,3	55,3	56,8	037,4
04/Set	1.925,2	2.929,7	52,3	257,4	136,0	146,5	167,4
18/Set	821,8	2.237,0	17,1	157,5	73,0	74,2	100,4
02/Out	199,6	436,7	6,2	28,4	25,3	25,6	17,5
16/Out	2.597,1	982,7	35,1	240,4	114,1	110,6	112,3
30/Out	913,1	958,7	19,4	94,7	89,0	90,2	73,0
13/Nov	300,2	280,1	8,5	35,5	45,0	45,5	28,0
27/Nov	320,2	1.400,7	11,0	32,5	42,0	42,0	36,0
11/Dez	2.456,0	1.228,0	24,1	99,8	081,1	77,8	114,0
26/Dez	5.823,2	5.203,7	61,9	340,7	207,5	201,3	297,4
08/Jan	4.357,7	3.389,3	48,4	217,9	198,5	196,1	213,0
22/Jan	182.335,8	nd	431,8	803,7	185,9	191,9	623,8
05/Fev	9.370,4	4.251,4	138,8	429,5	360,1	368,7	451,2
19/Fev	6.915,9	2.750,6	137,5	424,4	294,7	286,9	251,5
05/Mar	5.561,4	3.398,6	15,4	318,2	207,0	219,4	284,2
19/Mar	6.029,3	1.534,7	52,1	156,2	213,8	208,3	131,5
02/Abr	11.335,7	634,8	63,5	580,4	276,6	258,5	253,9
16/Abr	1.618,7	1.287,6	20,2	97,5	132,4	134,3	117,7
30/Abr	667,4	700,7	18,4	86,8	118,5	120,1	106,8
14/Mai	675,6	985,2	14,1	69,0	85,9	92,9	84,4
28/Mai	10.222,5	2.192,5	27,4	211,0	101,4	104,1	164,4
11/Jun	820,1	1.640,2	20,5	153,8	106,6	98,4	82,0
26/Jun	618,7	3.678,9	18,4	134,3	104,8	101,2	147,2
09/Jul	657,7	2.511,1	32,9	86,7	79,2	88,2	47,8
23/Jul	853,6	1.942,0	57,6	162,2	102,4	113,1	85,4
06/Ago	479,4	2.237,0	27,4	57,1	57,1	65,1	118,7
20/Ago	219,5	336,1	24,0	34,3	34,3	41,2	54,9
03/Set	481,3	306,3	10,4	36,1	32,3	36,1	56,9

No Quadro 11 tem-se os valores das descargas médias obtidas durante o período experimental, para as citadas variáveis.

Observando o Quadro 11 verifica-se que a bacia de drenagem como um todo, é responsável pela exportação de consideráveis volumes de materiais sólidos em suspensão e nutrientes, embora inferiores aos valores obtidos nos grandes rios do mundo.

Para Carvalho & Cunha (1998) a responsabilidade pelo aumento da degradação de bacias hidrográficas, principalmente as chinesas, assim como aquelas que se verificam em outras partes do mundo, cabe à atividade antrópica. Os autores alertam para os problemas do desmatamento e expansão da área agrícola que expõem o solo a um processo erosivo mais intenso, e poderá intensificar a perda de solo das bacia do Rio Amazonas. Essas considerações podem, de forma geral, ser aplicadas à outras bacias, como é o caso da Bacia Experimental do Rio Pardo.

QUADRO 11 – Valores médios do material sólido em suspensão e das espécies químicas (principais nutrientes) exportados pela Bacia Experimental do Rio Pardo, observados no período de agosto de 1996 a setembro de 1997.

Variáveis	$kg.dia^{-1}$	$kg.ano^{-1}$
Ssusp	9.283,90	3.388.639,84
N	1.788,90	652.938,91
P	50,30	18.352,54
K	193,40	70.590,50
Ca	127,10	46.405,78
Mg	128,40	46.861,74
S	152,10	55.517,10

Como foi ressaltado, a produção específica é outro dado importante a ser verificado no estudo de bacias hidrográficas. A produção específica é calculada pela razão entre a descarga média anual, de variáveis a serem consideradas e a área de drenagem da respectiva bacia, e pode ser apresentada em $t.km^2.ano^{-1}$ ou kg. $km^2.ano^{-1}$ (Hora, 1998).

O Quadro 12 mostra a produção específica da Bacia Experimental do Rio Pardo, referente ao período de estudo, em kg. $km^2.ano^{-1}$.

QUADRO 12 - Produção Específica da Bacia Experimental do Rio Pardo, em temos de material sólido em suspensão e das espécies químicas (principais nutrientes), observada no período de agosto de 1996 a setembro de 1997.

Variáveis	$kg.km^2.ano^{-1}$
Ssusp	22.779,24
N	4.389,21
P	123,37
K	474,53
Ca	311,95
Mg	315,02
S	373,20

Com relação à produção específica de sólidos em suspensão, verificou-se que em média 22,78 $t.km^2.ano^{-1}$ ou 22.779,24 $kg.km^2.ano^{-1}$ de material é retirado da área da Bacia e transportados ao Rio Pardo e seus tributários.

Hora (1998), em estudos realizados na bacia do Paraíba do Sul, detectou valores mínimos de 8,5 $t.km^2.ano^{-1}$ de material sólido em suspensão no trecho superior do rio e valores de 2.514 $t.km^2.ano^{-1}$ no trecho próximo a cidade de Campos. Segundo a autora, a alta produção específica verificada nesse trecho é causada pela degradação da cobertura vegetal, intensa prática agrícola não-conservacionista, extração de areia e ocupação urbana.

Henry & Gouveia (1993) em estudos desenvolvidos em 10 bacias tributárias do Rio Paranapanema, encontraram valores de sólidos em suspensão que variaram entre 1 $t.km^2.ano^{-1}$ e 42 $t.km^2.ano^{-1}$. Os autores, preocupados com a influência da ocupação e uso do solo e com a exportação de nutrientes e sólidos em suspensão, na bacia do Paranapanema sugerem a implantação de novas pesquisas, visando-se a avaliação desses aspectos.

Os rios que apresentam os mais elevados valores de produção específica são apresentados por Carvalho & Cunha (1998), principalmente os grandes rios da China e Índia, que os autores relacionam esses elevados valores às práticas de manejo do solo.

No caso do Rio Pardo, esse fato também pode ocorrer, uma vez que os valores encontrados, embora menores que aqueles observados para rios de maior porte Carvalho & Cunha (1998), se mostraram mais elevados que os observados por Hora (1998) e Henry & Gouveia (1993), nos trechos com melhor conservação. Segundo Henry & Gouveia (1993), 90% da carga de sedimentos fica retida no reservatório (Represa do Jurumirim), e considerando-se os valores da carga de sólidos em suspensão verificados no Rio Pardo, recomenda-se a realização de estudos sedimentológicos, com a finalidade de se verificar o grau de assoreamento dos reservatórios destinados ao abastecimento das cidades de Botucatu e Pardinho, bem como naqueles destinados a outros fins, como irrigação.

No que se refere ao fluxo de nutrientes, observa-se que as perdas de elementos químicos são elevadas, principalmente quanto ao nitrogênio.

O Quadro 12 mostra que, em média, cada km^2 da Bacia do Rio Pardo perde por ano aproximadamente 4.389 kg de nitrogênio; 123 kg de fósforo; 474 kg de potássio; 312 kg de cálcio; 315 kg de magnésio 373 kg de enxofre, valores muito superiores aos encontrados por Henry & Gouveia (1993), mostrando, possivelmente, a evolução da Bacia em termos de ocupação e manejo.

Segundo Franken et al. (1985), são elevados os valores em termos de elementos químicos, detectados em amostras de água de chuva, bem como aquelas escoadas através das folhas, ramos e troncos das árvores da Floresta Amazônica. Entretanto,

observaram que as perdas para as águas escoadas pela bacia em estudo foram pequenas, indicando uma eficiente reciclagem de nutrientes realizada pela floresta, ressaltando-se o importante papel da mata ciliar na preservação dos recursos hídricos.

Supondo-se que a chuva seja responsável pela reposição de 600 kg de $N.ano^{-1}.km^2$ (Franken et al., 1985), também na Bacia Experimental do Rio Pardo, ainda assim os valores observados para a referida Bacia apresentaram-se como muito elevados. Levando-se em consideração que a área apresenta solos de baixa fertilidade (Zimback, 1997), pode-se considerar que, praticamente, o total dos valores observados nas amostras de água, procedem de fontes de origem difusa, característica de áreas onde se utilizam corretivos de solos e fertilizantes agrícolas, uma vez que a Bacia Experimental do Rio Pardo apresenta intensa atividade agrícola, principalmente nas áreas próximas ao Rio Pardo.

Assim, considerando-se que os valores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e enxofre exportados pela Bacia Experimental do Rio Pardo, e não levando-se em consideração outras fontes menores, como aquelas oriundas do próprio solo ou da decomposição da vegetação natural, verifica-se, a título de exemplo, um grande prejuízo em termos econômicos (Quadro 13), demonstrando a necessidade de se buscar maior eficiência por parte dos produtores rurais, no uso adequado dos fertilizantes e no manejo do solo, propiciando o desenvolvimento sustentável da referida Bacia.

Ressalta-se que os dados utilizados para a obtenção dos valores do Quadro 13, referem-se àqueles dados obtidos nas 28 amostras de água coletadas nas amostragens mensais e intermediarias, realizadas no Ponto 5, ou seja, à saída da Bacia, não estando incluídos os valores obtidos para os demais pontos e que serão discutidos à seguir.

Entretanto, observando-se os Quadros 14, 15, 16, 17, 18 e 19 verifica-se que o Ponto 5 não foi o local de amostragem que apresentou os valores máximos dos nutrientes em discussão. Assim, pode-se considerar que os altos valores obtidos no Ponto 2, principalmente em termos de potássio, cálcio e magnésio, atribuídos à introdução de efluentes da ETE de Pardinho, tem participação reduzida nos dados utilizados, uma vez que são diluídos ou, conforme Silva et al. (1998), sofrem autodepuração ao longo do curso do Rio Pardo.

QUADRO 13 - Dados relativos aos preços dos nutrientes exportados pela Bacia Experimental do Rio Pardo e a estimativa dos montantes perdidos.

Nutrientes	Custo (R$/kg) (*)	kg.ano^{-1}	Total perdido (R$)
Nitrogênio	6,30	652.938,9	4.113.515,00
Fósforo	0,80	18.352,54	14.682,03
Potássio	7,50	70.590,5	529.428,8
Cálcio	0,60	46.405,78	27.843,47
Magnésio	0,30	46.861,74	14.058,52
Enxofre	0,90	55.517,1	49.965,39

(*) Fonte: Cooperativa Agrícola Centro Oeste de São Paulo- novembro/98
- Uréia, Superfosfato Simples, Cloreto de Potássio, Calcário Dolomítico (sacos de 60 kg)

Com relação à variável sólidos sedimentáveis (Quadros 2, 3, 4, 5, 6 e 7), verifica-se que as maiores concentrações foram encontradas nos períodos mais chuvosos, atingindo o valor máximo de 4,4 mL.L^{-1}.h^{-1} por ocasião da maior vazão registrada durante o período de estudo (Quadros 8 e 9).

Além disso, é preciso lembrar que não foram considerados os “custos da degradação do solo”, que poderiam ser discutidos em trabalhos futuros.

Essas perdas advindas da falta de conservação do solo, degradação de matas ciliares e de outras práticas conservacionistas, representam também um elevado custo econômico. Como exemplo, pode-se citar a região noroeste do Estado do Paraná, face a ausência de um prévio sistema de conservação do solo e suas conseqüências na atualidade.

6.2 Aspectos qualitativos

6.2.1 Variáveis químicas

Como já foi ressaltado, os cursos de água devido à sua dinâmica, exercem papel fundamental no transporte de espécies químicas dissolvidas e em suspensão, importantes etapas dos ciclos biogeoquímicos e hidrológicos.

Uma das maiores preocupações ao se avaliar a qualidade da água em bacias hidrográficas de múltiplos usos, como é o caso da Bacia Experimental do Rio Pardo, são aquelas referentes à presença de defensivos utilizados, principalmente, na agricultura e na pecuária. Esses defensivos podem contaminar a água dos rios, lagos e represas, com compostos químicos que afetam a saúde, como os clorados, fosforados, carbamatos e piretróides.

Os Quadros 2, 3, 4, 5, 6 e 7 mostram que não foram detectados clorados, fosforados ou carbamatos em nenhuma das 84 amostras analisadas.

Entretanto, sete amostras, do total de 84 analisadas, apresentaram valores detectáveis do grupo dos piretróides, relativos ao princípio ativo cipermetrina, presente

em produtos comerciais como Arrivo 200 CE, Polydial CE, Cymbush 250 CE, entre muitos outros (Guimarães & Guimarães, 1999).

Tomando-se como exemplo o produto comercial Arrivo 200 CE, verifica-se que esse produto é um inseticida piretróide sintético, de classe toxicológica II, indicado no combate de pragas de culturas do tomate, milho, café, entre outras (Compêndio de Defensivos Agrícolas, 1987). É preciso considerar também que produtos do grupo dos piretróides são muito utilizados na pecuária (Bissacot 1995), e segundo Ribeiro (1998), 60% da área da bacia hidrográfica do Alto Rio Pardo eram ocupados por pastagens, o que pode indicar a utilização de piretróides nessas áreas.

Segundo Bissacot (1995), a cipermetrina pode provocar a sindrome "CS", caracterizada por movimentos desordenados dos membros superiores e inferiores, além de salivação intensa, quando o indivíduo é exposto a doses tóxicas elevadas. Pode ainda ocorrer reações alérgicas em trabalhadores que pulverizam ou manipulam esse produto sem os necessários cuidados, mas essas reações desaparecem até 24 horas após a exposição. Intoxicações graves podem ocasionar crises convulsivas e perda de consciência, sendo que a recuperação se dá em 2 ou 3 semanas de tratamento.

Bissacot (1995) discutiu ainda os Valores da Ingestão Diária Aceitável (IDA) de leite contaminado com piretróide, sendo que o valor máximo permitido para cipermetrina é de 0,05 $mg.kg^{-1}$ de leite. Em sua pesquisa, Bissacot (1995), encontrou o valor máximo de 0,217 $mg.kg^{-1}$ de leite de animais pulverizados com cipermetrina, 24 horas após a pulverização. Para a autora, uma pessoa com peso corpóreo igual a 60 kg, precisaria consumir por dia, mais de 13,82 kg de leite com essa concentração de cipermetrina para estar

consumindo uma quantidade maior que o valor de ingestão permitido, demonstrando, portanto, que os valores encontrados podem ser considerados razoáveis.

Nas amostras de água coletadas no Rio Pardo que apresentaram níveis detectáveis de cipermetrina, cujo limite de detecção do método é de 0,001 $mg.L^{-1}$, o maior valor foi de 0,017 $mg.L^{-1}$, observado para o Ponto 5, sendo portanto, inferior ao valor máximo permitido para o leite que é de 0,05 $mg.kg^{-1}$ (Codex Alimentarius Comission, 1993).

Considerando-se que a Legislação não estabelece limites máximos para cipermetrina em água, e considerando-se o mesmo valor estabelecido para o leite, uma pessoa com peso corpóreo de 60 kg teria que tomar por dia 176,47 litros de água com a concentração de 0,017 $mg.L^{-1}$, para estar ingerindo uma quantidade tóxica, demonstrando, portanto que os valores encontrados nas amostras de água do Rio Pardo podem ser considerados, a princípio, como inofensivos à população consumidora adulta. Porém é preciso considerar os efeitos em crianças e na cadeia alimentar, e através de novas pesquisas buscando estabelecer limites máximos aceitáveis para piretróides em água.

Os resultados obtidos para os defensivos agrícolas, nos grupos dos clorados, fosforados, carbamatos e piretróides foram animadores, uma vez que o Brasil foi considerado o 3º maior consumidor do mundo desses insumos (Custódio, 1991). Com a proibição ou a restrição do uso daqueles grupos com alta toxicidade como os compostos organoclorados, os piretróides passaram a liderar o mercado mundial de defensivos (Bissacot, 1995), por apresentar menores danos ao meio ambiente. Os dados obtidos confirmaram essa tendência menos agressiva em termos de contaminação da água.

Porém, os valores obtidos para cipermetrina, embora em baixas concentrações, indicam que na Bacia Experimental do Rio Pardo, o uso de produtos à base de

piretróides é comum (Guimarães & Guimarães, 1999) e, possivelmente, em doses maiores e com aplicações mais freqüentes que o necessário, uma vez que chegam ao rio, mesmo apresentando baixa persistência no meio ambiente. Além disso, é preciso considerar que a região Centro Sul do Estado de São Paulo, onde estão situadas cidades como Registro e Botucatu, foi enquadrada por Poltronieri (1997), como área de altíssimo risco de ocorrência de intoxicações causadas por agrotóxico. Portanto, considera-se oportuno a realização de estudos que envolvam outras variáveis, como a atrazine, princípio ativo de muitos defensivos utilizados na Bacia Experimental do Rio Pardo (Guimarães & Guimarães, 1999), bem como a coleta e análise de amostras de sedimento de fundo (lodo) dos cursos de água, que podem oferecer informações sobre a acumulação de defensivos agrícolas e metais pesados, ou ainda, conforme Poltronieri (1997) que sugere pesquisa direta com os trabalhadores rurais.

É preciso considerar ainda que, segundo relatos de proprietários rurais(*), ocorrem acidentes na manipulação e na aplicação de defensivos agrícolas, como exemplo do ocorrido entre os dias 6 e 7 de fevereiro de 1997, quando foram observados muitos peixes mortos no Córrego Janeirinho, um dos afluentes do Rio Pardo. Esse fato foi atribuído à contaminação por Thiodan, que no momento do preparo da solução teria atingido acidentalmente o referido curso de água, a montante da propriedade onde se observou a mortandade de peixes.

(*) Baldini, A.C. Proprietário do Sítio Janeirinho/Pardinho. Fevereiro de 1997. **Comunicação Pessoal.**

Nos Quadros 2, 3, 4, 5, 6 e 7 são apresentados também, os resultados das análises relativas aos metais pesados mercúrio e chumbo.

A ação tóxica de metais pesados na água pode variar em função de sua forma, da presença de outras substâncias e de fatores ambientais tais como a temperatura da água, o pH, o oxigênio dissolvido, a dureza e a própria turbulência da água.

O mercúrio é um elemento altamente tóxico e bioacumulável, comprometendo a saúde de pessoas que ingerem alimentos contaminados ou que são expostas aos seus vapores e outras formas iônicas (Boldrini & Pereira, 1987; Nascimento, 1989).

Como fontes de mercúrio, podem ser citadas a queima de combustíveis fósseis, a fundição de diversos metais, indústrias de cimento, de termômetros, de defensivos agrícolas, entre outras (Rico et al. 1989; FEPAM, 1996).

A origem do chumbo nas águas superficiais está associada aos combustíveis fósseis, à mineração e efluentes industriais como aquelas de galvanoplastia, baterias, tintas, entre outras. No homem, pode provocar infeções bucais e nas articulações, vômitos, e até aborto, câncer e alterações no sistema nervoso (FEPAM, 1996).

As análises das amostras de água coletadas no Rio Pardo mostraram que os metais pesados pesquisados, não apresentaram concentrações detectáveis, sendo que o limite de detecção do método empregado na análise de mercúrio é de 0,1μg.L^{-1} e para o chumbo é de 0,02mg.L^{-1}.

Com relação à Legislação em vigor no Brasil, em termos de qualidade da água, tanto a Resolução nº 20 do CONAMA (Brasil, 1995), quanto a Portaria nº 36 do Ministério da Saúde (Brasil, 1990), se apresentam rigorosas com relação à presença de tais elementos na água, como pode ser verificado no Quadro 1.

Pelos resultados obtidos nas análises das amostras de água do Rio Pardo, verificou-se que o referido corpo de água se apresentou em condições adequadas de uso, tanto em termos dos limites preconizados pela Legislação no que se refere a esses metais pesados, quanto comparados aos valores máximos de 1,53 $\mu g.L^{-1}$ para mercúrio, determinado por Conte (1992), bem como aqueles valores detectados por Krebs et al.(1997), para as águas do Rio Araranguá, ou aqueles obtidos para o Rio Gravataí (FEPAM, 1996), cujo valor máximo de chumbo presente na água foi de 0,044 $mg.L^{-1}$, sendo portanto, superior ao valor máximo permitido pela Resolução nº do CONAMA para as águas de Classe 1 (0,03 $mg.L^{-1}$).

Nos Quadros 2, 3, 4, 5, 6 e 7, encontram-se ainda, os resultados obtidos para o ferro, zinco, cobre e manganês, a partir das análises das amostras de água coletadas durante a presente pesquisa.

O ferro é um dos elementos químicos conhecido como micronutriente em relação às plantas e necessário ao metabolismo animal, em concentrações adequadas, podendo, entretanto ser tóxico quando administrado em doses elevadas. A presença de ferro e também do manganês nas águas superficiais é atribuída, principalmente, à decomposição de rochas ricas em ferro e nos solos resultantes dessa decomposição. Sendo elementos abundantes na superfície terrestre, são normalmente encontrados nos corpos de água, para onde são transportados, principalmente pelas chuvas, através da lixiviação do solo (Esteves, 1988).

Observando-se os resultados, verifica-se que apenas uma das amostragens apresentou, no Ponto 1, valores detectáveis de ferro e manganês, com valores máximos de 0,90 $mg.L^{-1}$ e 0,12 $mg.L^{-1}$, respectivamente, estando acima dos valores máximos estabelecidos pela Legislação (Quadro 1), exceto para rios de Classe 3 no que se refere ao

manganês. Esse Ponto se localiza nas proximidades da nascente do Rio Pardo e os solos circunvizinhos são originários de rochas formadas por derrames basálticos ricos, principalmente, em ferro (Zimback, 1997). Salienta-se ainda, que essa amostragem foi realizada no início do mês de fevereiro, época chuvosa na região (Figura 13).

Entretanto, as concentrações de ferro observadas são inferiores àquelas obtidas por Conte (1992) para o Ribeirão Lavapés (afuente do rio Tietê) que recebe os efluentes domésticos e industriais, sem tratamento, da cidade de Botucatu , cujo valor máximo foi de 7,30 $mg.L^{-1}$, e daquelas determinadas por Silva et al. (1998) para o Córrego Água Amarela (afluente do rio Pardo) em local próximo à descarga de efluentes da ETE de Pardinho, com valor máximo de 6,05 $mg.L^{-1}$.

Com relação ao manganês, Branco (1986) comenta que concentrações superiores a 0,2 $mg.L^{-1}$ são tóxicas às algas. A Legislação relativa à potabilidade da água (Quadro 1) estabelece o valor máximo de 0,1 $mg.L^{-1}$ em termos de manganês. Esse valor é também aplicado no caso de corpos de água (Quadro 1) Classe 1 e 2, sendo que para as águas classificadas como Classe 3, o valor máximo permitido é de 0,5 $mg.L^{-1}$.

Comparando-se os valores máximos detectados para o manganês (Quadros 2, 3, 4, 5, 6 e 7) nas amostras de água do Rio Pardo, com aqueles estabelecidos pela Legislação, verifica-se que os Pontos 1 e 4 apresentaram-se com concentrações superiores àqueles permitidos, porém não atingiram valores tóxicos às algas, além de serem menores que aquele (1,60 $mg.L^{-1}$) verificado por Conte (1992), na bacia do Ribeirão Lavapés, em local próximo a uma rodovia e a um lixão. O Ponto 5 foi aquele que apresentou os menores valores. Salienta-se que boa parte das amostras apresentaram-se com valores abaixo do limite detectável pelo método analítico empregado.

O zinco é, também, um elemento importante no metabolismo humano e sua deficiência pode acarretar problemas de crescimento. Porém, altas concentrações podem causar intoxicações e alterações morfológicas aos seres vivos, além de proporcionar alterações no sabor da água. As principais fontes poluidoras em termos de zinco, são a galvanoplastia, pigmentos de pintura, inseticidas e mineração (FEPAM, 1996).

Das 84 amostras de água coletadas no Rio Pardo, nenhuma apresentou concentrações detectáveis de zinco, estando, portanto, dentro dos padrões estabelecidos pela Legislação (Quadro 1), que estabelece um limite máximo de até 5,0 $mg.L^{-1}$.

A determinação das concentrações de cobre na água é importante, uma vez que níveis elevados (entre 1,0 e 5,0 $mg.L^{-1}$) podem proporcionar sabor desagradável, além de causar corrosão em sistemas de abastecimento. O cobre, em baixas concentrações, é benéfico ao metabolismo humano, porém em concentrações elevadas, é tóxico, podendo acarretar problemas no fígado. A origem da poluição causada por cobre está na galvanoplastia, em diversas indústrias químicas, na mineração, além de seu uso para fins agrícolas como fungicida (Rico et al. 1989; FEPAM, 1996).

Assim como o zinco, o cobre não apresentou valores detectáveis em nenhuma das amostras analisadas.

A determinação de outras variáveis químicas em amostras de água como aquelas denominadas macronutrientes em termos agrícolas, através de amostras de água, torna-se importante não só na quantificação das perdas desses nutrientes, como discutido anteriormente, mas também em relação à qualidade da água, tendo-se em vista os padrões estabelecidos pela Legislação em vigor no Brasil (Quadro 1).

Assim, os valores brutos das concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, podem ser observados nos Quadros 2, 3, 4, 5, 6 e 7. Além disso, podem também ser vistos nas Figuras 14, 15, 16, 17, 18 e 19. Nos Quadros 14, 15, 16, 17, 18 e 19, são apresentados os valores máximos, mínimos e médios para cada variável a ser discutida, envolvendo as amostras coletadas mensalmente nos 5 pontos de amostragens.

São bastante conhecidas as implicações ecológicas resultantes das altas concentrações de nitrogênio presentes na água, principalmente aquelas na forma amoniacal, que estão ligadas à dinâmica do oxigênio no meio aquático. Assim, corpos de água com altas concentrações de nitrogênio, podem apresentar oxigênio dissolvido com baixos valores, afetando a vida aquática, como por exemplo, a comunidade de peixes (Branco, 1986; Esteves, 1988).

O aporte de nitrogênio aos corpos de água ocorre por difusão, na forma gasosa, ou na forma orgânica lixiviada das rochas e dos solos, principalmente quando nestes solos são utilizados fertilizantes ricos em compostos nitrogenados (Ressler et al., 1995; Sharply et al., 1995, entre outros). Outra importante fonte de nitrogênio é o despejo de esgoto doméstico, sem tratamento prévio (Conte, 1992; FEPAM, 1996), e que são lançados “in natura” nos corpos de água.

Através da Figura 14, observou-se que os Pontos 3, 4 e 5 foram aqueles que apresentaram picos ou os valores máximos nas concentrações de nitrogênio. Esses resultados podem indicar manejo inadequado do solo, juntamente com irrigação e adubações “pesadas”, tendo-se em vista que nessas regiões encontram-se extensas áreas de produção de hortaliças e outros tipos de cultura anuais.

Os valores máximos de nitrogênio detectados nas águas da Bacia Experimental do Rio Pardo, (Quadro 14), são superiores aos máximos encontrados por Silva et al. (1998) e FEPAM (1996), porém menores que aqueles determinados por Conte (1992) para o Ribeirão Lavapés, poluído por esgoto doméstico, ou ainda, aqueles encontrados por Amorim & D'Assumpção (1997), cujo valor máximo chegou a 380,0 $mg.L^{-1}$.

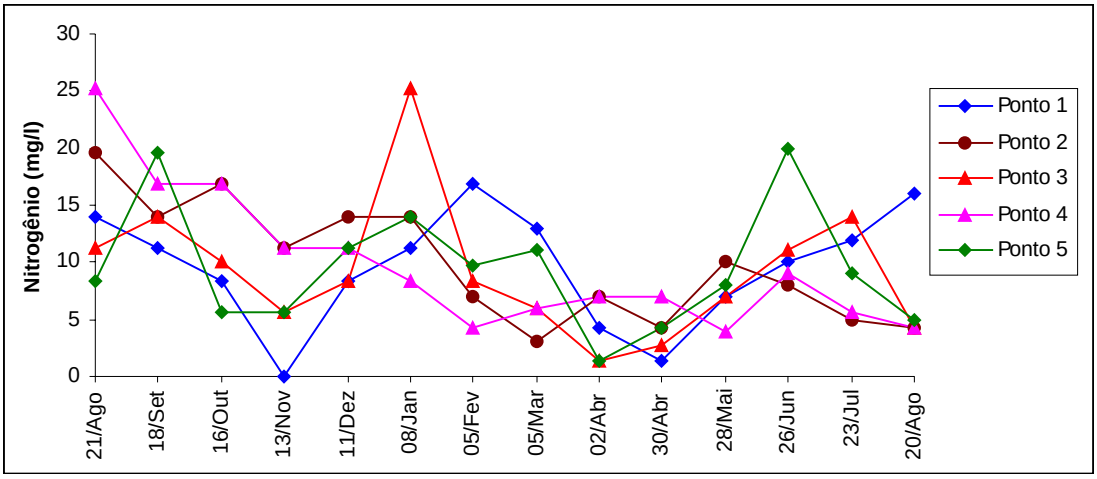


FIGURA 14 - Valores de Nitrogênio ($mg.L^{-1}$) observados nas 14 amostragens mensais, realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo.

A presença de nitrogênio no Rio Pardo, pode ser atribuída ao uso de fertilizantes nitrogenados na área, e provavelmente na forma de nitrato, pelo fato de que ser esta muito utilizada por ser mais estável no solo. Considerando o nível máximo permitido para o nitrato, que pela Legislação (Quadro 1) é de 10,0 $mg.L^{-1}$, verificou-se que grande parte das amostras coletadas apresentaram-se com concentrações superiores, embora em termos médios, não tenham atingido o nível máximo permitido.

QUADRO 14 - Valores de Nitrogênio ($mg.L^{-1}$) verificados nos 5 pontos de amostragens da Bacia Experimental do Rio Pardo

Pontos	Máximo	Mínimo	Médio
1	16,8	0,0	9,6
2	19,6	3,0	9,9
3	25,2	1,4	9,2
4	25,2	4,0	9,8
5	20,0	1,4	9,5

O fósforo, juntamente com o nitrogênio, tem sido apontado como um dos principais responsáveis pela eutrofização dos corpos de água (Branco, 1986; Esteves, 1988).

A presença de fósforo no meio aquático pode ter como origem a introdução de esgoto doméstico, ou através da intemperização de rochas e de processos de erosão e lixiviação de solos agrícolas (Esteves, 1988; Conte, 1992; FEPAM, 1996), como é o caso da Bacia do Rio Pardo, onde o uso de fertilizantes é generalizado, embora sendo o fósforo considerado praticamente imóvel no solo.

Os resultados obtidos para o fósforo nas amostras de água, coletadas na Bacia Experimental do Rio Pardo, podem ser considerados altos (Figura 15) comparando-se aos valores máximos permitidos pela Legislação (Quadro 1) para o fosfato total (0,025 $mg.L^{-1}$), ou aos valores obtidos por Conte (1992) para a nascente do Ribeirão Lavapés, onde não foi detectada a presença de fósforo nas amostras analisadas.

Entretanto, conforme pode ser observado no Quadro 15, as concentrações máximas de fósforo são inferiores aos valores máximos encontrados por Conte (1992) para o Ribeirão Lavapés em Botucatu/SP, em seu trecho mais poluído por esgoto doméstico (2,05 $mg.L^{-1}$), ou pela FEPAM (1996), no rio Gravataí no Rio Grande do Sul, com

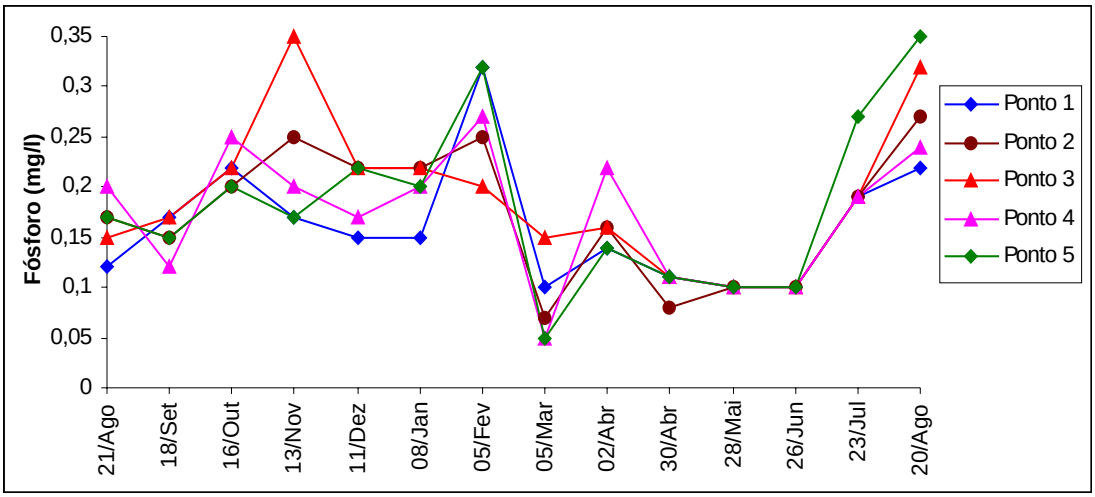


FIGURA 15 - Valores de Fósforo ($mg.L^{-1}$) observados nas 14 amostragens mensais, realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo.

QUADRO 15 - Valores de Fósforo ($mg.L^{-1}$) verificados nos 5 pontos de amostragens da Bacia Experimental do Rio Pardo

Pontos	Máximo	Mínimo	Médio
1	0,32	0,10	0,16
2	0,27	0,07	0,17
3	0,35	0,10	0,19
4	0,27	0,05	0,17
5	0,35	0,05	0,18

valores máximos de 0,79 $mg.L^{-1}$, ou ainda aqueles determinados por D'Assumpção & Amorim (1997), no açude do Curu localizado no Estado do Ceará, que atingiram 0,69 $mg.L^{-1}$.

Além dos clássicos nitrogênio e fósforo, considerou-se oportuno verificar as concentrações de outros nutrientes, tendo-se em vista que o Rio Pardo é responsável pelo abastecimento de água na região.

Nutrientes como o potássio, cálcio, magnésio e enxofre têm como origem, a utilização de fertilizantes nas áreas agrícolas, a erosão de rochas, lançamento de

efluentes domésticos ou de granjas e abatedouros de animais, além daquelas oriundas da decomposição de vegetação das margens ou mesmo aquelas áreas onde a vegetação fica submersa e que são oxidadas pela ação bacteriológicas (Branco, 1986; Conte, 1992; Krebs et al., 1997).

A Legislação em vigor não prevê limites máximos permitidos na água para os elementos potássio, cálcio, magnésio e enxofre. Entretanto, a maior preocupação quanto à presença de nutrientes, de forma geral, está na eutrofização dos corpos de água e, como conseqüência, a proliferação de algas, que ao entrar em decomposição, diminuem os teores de oxigênio dissolvido das águas, tendo como resultado a morte de peixes, além de intenso mau cheiro (Branco, 1986; Esteves, 1988).

Observando as Figuras 16, 17, 18 e 19 onde são mostrados os comportamentos do potássio, cálcio, magnésio e enxofre, respectivamente, verificou-se que os Pontos 1 e 2 apresentaram os mais elevados valores para o potássio, sendo que o cálcio e o magnésio aparecem em maiores concentrações no Ponto 2 (próximo à confluência do Córrego Água Amarela, onde é lançado o efluente da ETE de Pardinho), e o enxofre tem um comportamento similar nos cinco pontos de amostragem.

Analisando o Quadro 16, observou-se que o potássio apresentou o valor máximo de 2,0 $mg.L^{-1}$ no Ponto 1, estando muito acima dos valores (máximo de 0,40 $mg.L^{-1}$) verificados por Conte (1992), para a nascente do Ribeirão Lavapés.

Comparando-se ainda os valores médios dos 5 pontos de amostragens com aqueles obtidos por Conte (1992), verificou-se que, também esses valores médios se apresentaram com concentrações mais elevadas, valores que podem ser atribuídos à adubações

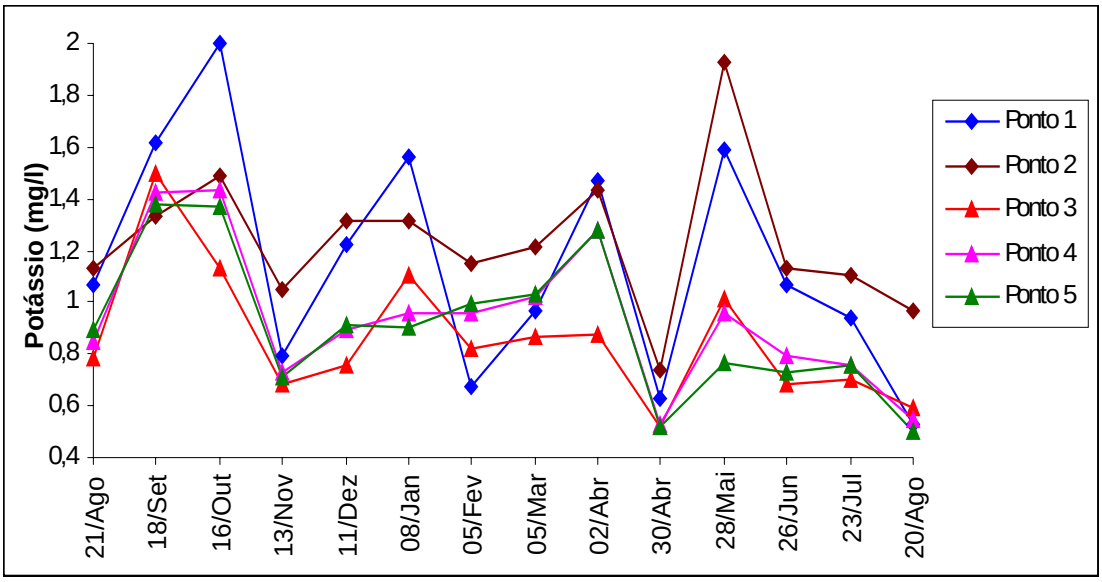


FIGURA 16 - Valores de Potássio ($mg.L^{-1}$) observados nas 14 amostragens mensais, realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo.

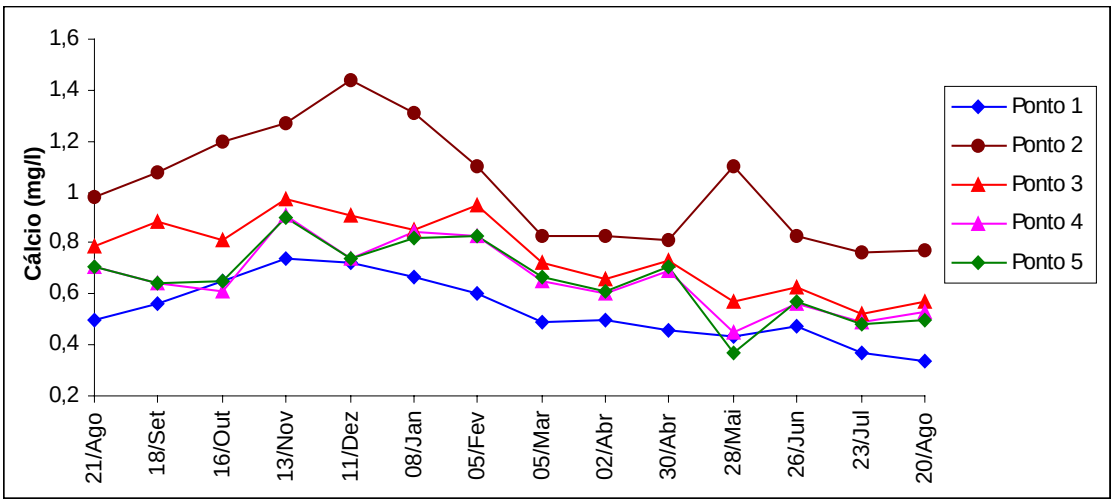


FIGURA 17 - Valores de Cálcio ($mg.L^{-1}$) observados nas 14 amostragens mensais, realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo.

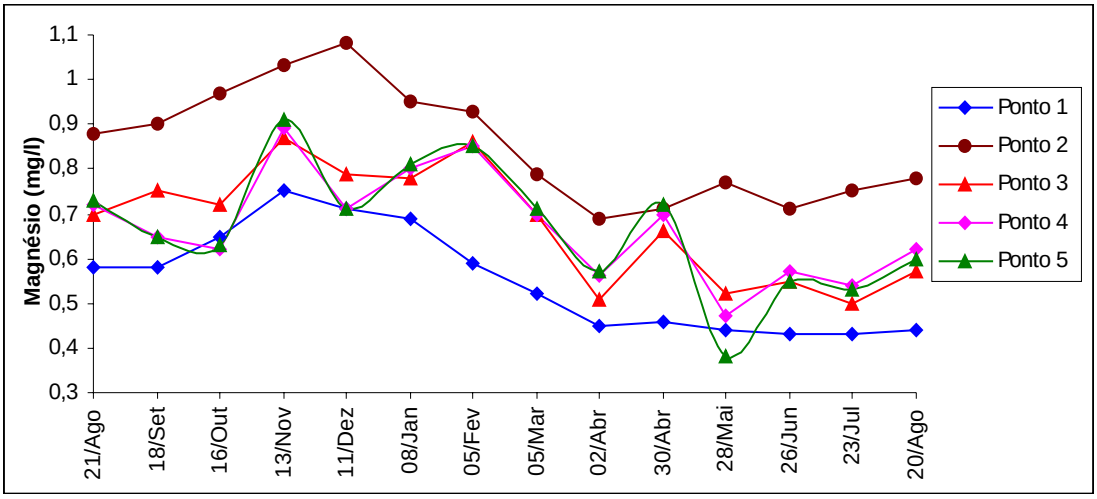


FIGURA 18 - Valores de Magnésio (mg.L^{-1}) observados nas 14 amostragens mensais, realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo.

QUADRO 16 - Valores de Potássio (mg.L^{-1}) verificados nos 5 pontos de amostragens da Bacia Experimental do Rio Pardo

Pontos	Máximo	Mínimo	Médio
1	2,00	0,53	1,15
2	1,93	0,74	1,23
3	1,50	0,52	0,86
4	1,43	0,53	0,94
5	1,38	0,50	0,91

potássicas de cobertura, muito usual para hortaliças como as solanáceas (tomate, pimentão, beringela).

No Quadro 17 são apresentados os valores máximos, mínimos e médios das concentrações de cálcio para os diferentes pontos de amostragens. Observou-se

que o valor máximo foi de 1,44 $mg.L^{-1}$ no Ponto 2, sendo inferior àquele determinado por Conte (1992), para a nascente do Ribeirão Lavapés, com valor de 1,90 $mg.L^{-1}$.

QUADRO 17 - Valores de Cálcio ($mg.L^{-1}$) verificados nos 5 pontos de amostragens da Bacia Experimental do Rio Pardo

Pontos	Máximo	Mínimo	Médio
1	0,74	0,34	0,54
2	1,44	0,76	1,02
3	0,97	0,52	0,75
4	0,91	0,45	0,66
5	0,90	0,37	0,66

Pelo Quadro 18 verificou-se que o magnésio apresentou valor máximo de 1,08 $mg.L^{-1}$ no Ponto 2, sendo mais elevado que o máximo determinado por Conte (1992), para a nascente do Ribeirão Lavapés, cujo valor máximo para magnésio foi de 0,90 $mg.L^{-1}$.

QUADRO 18 - Valores de Magnésio ($mg.L^{-1}$) verificados nos 5 pontos de amostragens da Bacia Experimental do Rio Pardo

Pontos	Máximo	Mínimo	Médio
1	0,75	0,43	0,55
2	1,08	0,69	0,85
3	0,87	0,5	0,68
4	0,89	0,47	0,67
5	0,91	0,38	0,67

Pelas Figuras 17 e 18, pode ser observado que o Ponto 1 foi aquele que apresentou, na maioria absoluta das amostras coletadas, valores de cálcio e magnésio inferiores aos demais pontos de amostragens.

Berndtsson (1990) alerta para alguns fatos relacionados aos rios caracterizados como receptores de águas pluviais de áreas urbanas e agrícolas, tais como a possibilidade de transbordamento das estações de tratamento de esgoto por ocasião de fortes chuvas e para o problema do lançamento de efluentes tratados por processos convencionais, que carregam ainda altas taxas de nutrientes.

Ressalta-se que o Ponto 2 está localizado a jusante da desembocadura do Córrego Água Amarela, que recebe os efluentes da ETE de Pardinho (tratamento convencional de esgoto doméstico), sendo, portanto, esses efluentes os principais responsáveis pelas elevadas concentrações de potássio, cálcio e magnésio verificados no Ponto 2, uma vez que em média, os demais pontos apresentaram-se com valores menores.

Quanto ao enxofre, embora a Legislação não apresente limites para esse elemento (Quadro 1), pode-se tomar como referência o limite máximo estabelecido para o sulfato, cujo valor mais restritivo é de 250,0 $mg.L^{-1}$, ou comparar com outros trabalhos.

QUADRO 19 - Valores de Enxofre ($mg.L^{-1}$) verificados nos 5 pontos de amostragens da Bacia Experimental do Rio Pardo

Pontos	Máximo	Mínimo	Médio
1	1,28	0,32	0,67
2	1,04	0,48	0,69
3	1,28	0,24	0,69
4	0,84	0,48	0,71
5	1,04	0,40	0,73

Assim, ao confrontar os dados apresentados no Quadro 19, com o teor máximo permitido para o sulfato (Quadro 1), verifica-se que os valores máximos obtidos para os 5 pontos de amostragens são inferiores aos estabelecidos pela Legislação. O mesmo se

observa em relação aos valores determinados por Conte (1992) nas águas da nascente do Ribeirão Lavapés.

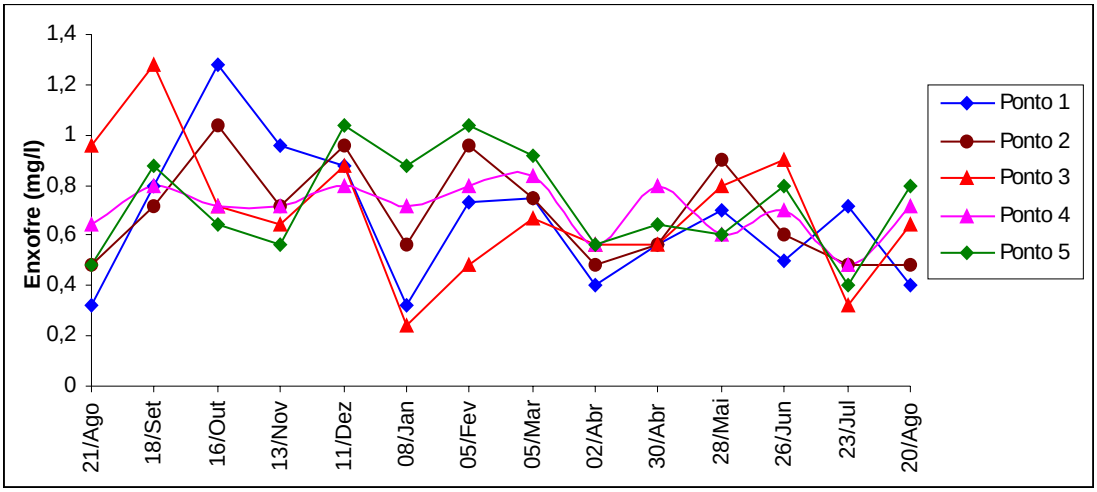


FIGURA 19 - Valores de Enxofre ($mg.L^{-1}$) observados nas 14 amostragens mensais, realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo.

Através da Figura 19 pode ser observado o comportamento das concentrações de enxofre detectadas nas amostras de água coletadas nos 5 pontos de amostragens. Destacam-se os resultados obtidos para o Ponto 5 no período mais chuvoso, onde os valores das concentrações de enxofre, embora acompanhando a tendência dos demais pontos, se mostraram mais elevadas. Esse fato pode indicar o carreamento de fertilizantes utilizados nas áreas agrícolas, já que o enxofre é um nutriente importante ao desenvolvimento das plantas, além de entrar na composição de defensivos agrícolas.

6.2.2 Variáveis físico-químicas

Ainda, em relação à qualidade da água, além daquelas variáveis químicas, analisou-se algumas variáveis físico-químicas de maior interesse, as quais são apresentadas e discutidas a seguir.

Assim, em relação à temperatura, as variações que se verificam no ar e na água constituem importantes fatores das reações energéticas e ecológicas aplicados aos recursos hídricos. A temperatura da água exerce influência direta sobre vários tipos de organismos aquáticos e sobre o teor de gases dissolvidos na água, principalmente, o oxigênio e gás carbônico (Branco, 1986).

Observando-se as Figuras 20 e 21, verificou-se que a temperatura do ar e da água, registradas no momento da coleta das amostras, apresentaram um ciclo característico do tipo climático da região, com os maiores valores no verão e os menores no inverno, observando essa tendência também para o oxigênio dissolvido.

Nos Quadros 20 e 21 são mostrados os valores máximos, mínimos e médios da temperatura do ar e da água, obtidos por ocasião das amostragens.

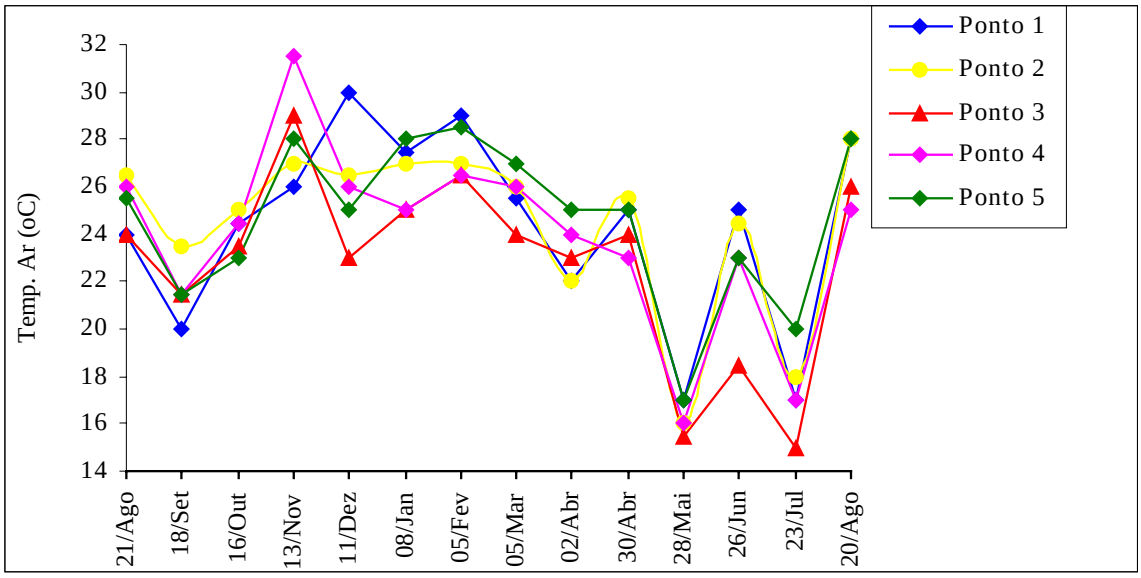


FIGURA 20 - Valores da Temperatura do ar (°C) observados no momento das 14 amostragens mensais, realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo.

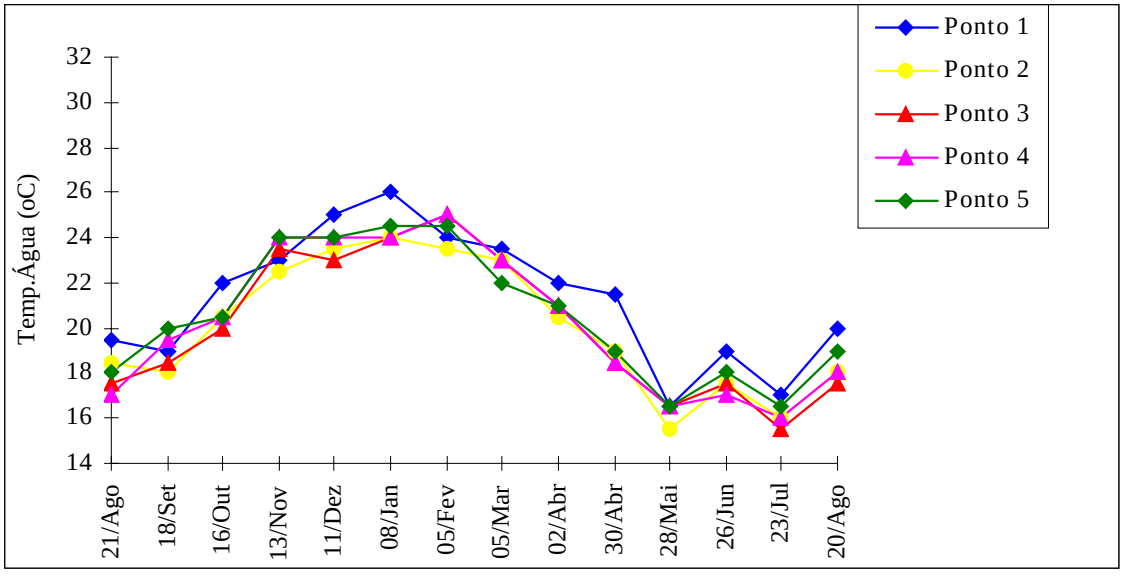


FIGURA 21 - Valores da Temperatura da água (°C) observados no momento das 14 amostragens mensais, realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo.

QUADRO 20 - Valores da Temperatura do ar (^{o}C) registrados no momento das amostragens realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo

Pontos	Máximo	Mínimo	Médio
1	30,0	17,0	24,3
2	28,0	16,0	24,5
3	29,0	15,0	22,8
4	31,5	16,0	23,9
5	28,5	17,0	24,8

QUADRO 21 - Valores da Temperatura da água (^{o}C) registrados no momento das amostragens realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo

Pontos	Máximo	Mínimo	Médio
1	26,0	16,5	21,3
2	24,0	15,5	20,0
3	25,0	15,5	20,1
4	25,0	16,0	20,3
5	24,5	16,5	20,8

O maior valor da temperatura do ar foi registrado no Ponto 4. Porém, foi no Ponto 1 onde se registrou o maior valor da temperatura da água, sendo que neste mesmo local registrou-se também o maior valor médio, explicando os baixos teores de oxigênio dissolvido encontrados no Ponto 1 (Figura 22). Ressalta-se que o Ponto 1 constitui-se em uma represa de captação de água destinada ao abastecimento de Pardinho, cuja vegetação marginal é composta, predominantemente, por gramíneas (Figura 2), notando-se a ausência de mata ciliar preconizada para os corpos de água.

Esses fatos, bem como aqueles relacionados à pequena vazão dos tributários da represa, aliada a sua pequena profundidade, tornam esse reservatório um “espelho d’água” e, consequentemente, recebendo grande incidência da radiação solar, com

influência direta na qualidade da água desse local, principalmente quanto ao oxigênio dissolvido.

O oxigênio dissolvido (OD), juntamente com o pH, tem sido apontado como as principais variáveis em termos de avaliação dos corpos de água.

A determinação do OD proporciona informações sobre as reações bioquímicas e biológicas que ocorrem na água, além de indicar a capacidade dos corpos de água em promover a sua autodepuração. A concentração do oxigênio dissolvido na água varia em função da temperatura, da altitude e da aeração da água. A elevação da temperatura diminui a solubilidade do oxigênio na água, e a presença de cachoeiras ou ainda de fortes chuvas através da turbulência provocada por esses fenômenos, favorecem a oxigenação (Branco, 1986; Zuccari, 1992).

A Legislação em vigor (Quadro 1) estabelece limites de 6,0; 5,0; 4,0 e 2,0 $mg.L^{-1}$ de OD para as água de Classe 1, 2, 3 e 4 respectivamente.

A Figura 22 mostra que, de forma geral, os valores de oxigênio dissolvido estão associados, principalmente à temperatura, uma vez que os menores valores ocorreram no verão.

Verifica-se que no Ponto 3 ocorreram grandes variações nos conteúdos de OD e que podem estar associados à ocorrência de chuvas, aumentando a turbulência do rio e consequentemente, aumentando a oxigenação da água, a partir desse local. Ressalta-se que o trecho entre o Ponto 2 e o Ponto 3 apresenta-se como sendo o mais extenso e com maior declividade, se comparados aos demais trechos. Os Pontos 4 e 5 são favorecidos permanentemente pela presença de uma cachoeira a montante, que propicia a incorporação de oxigênio atmosférico nas águas deste trecho do Rio Pardo.

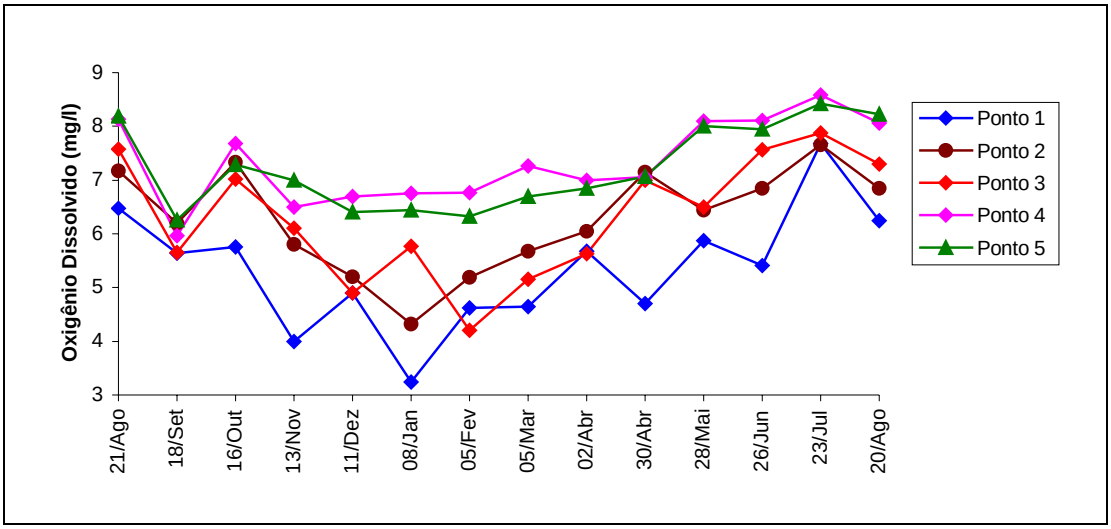


FIGURA 22 - Valores de Oxigênio Dissolvido ($mg.L^{-1}$) observados nas 14 amostragens mensais, realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo.

Entretanto, o traçado do gráfico obtido para o Ponto 1 surpreende à primeira vista, já que se trata do local mais próximo à nascente do Rio Pardo. Porém, como já foi discutido, trata-se de uma represa de pouca profundidade muito exposta à radiação solar, com tributários de pequenas vazões que provavelmente, determina um tempo de residência elevado. A absorção de grande quantidade de radiação solar, somada a um tempo de residência elevado, pode ainda favorecer a proliferação de microorganismos aeróbios, consumindo parte considerável do oxigênio presente na água. Considera-se interessante uma avaliação futura, em termos biológicos, com a finalidade de verificar as considerações anteriores.

Com relação aos valores mostrados no Quadro 22, verificou-se que, em termos médios, apenas o Ponto1 não se enquadra na Classe 1 do CONAMA em relação aos conteúdos de oxigênio dissolvido.

A título de exemplo, observando-se os valores mínimos estabelecidos pela Resolução nº 20 do CONAMA, ter-se-ia a seguinte classificação em relação ao OD: Ponto1 = Classe 4; Pontos 2 e 3 = Classe 3; Ponto 4 = Classe 2 e Ponto 5 = Classe 1. Assim, os valores apresentados indicam uma sensível recuperação dos níveis de oxigênio dissolvido ao longo do trecho estudado.

QUADRO 22 - Valores de Oxigênio Dissolvido ($mg.L^{-1}$) verificados nos 5 pontos de amostragens da Bacia Experimental do Rio Pardo

Pontos	Máximo	Mínimo	Médio
1	7,68	3,24	5,30
2	7,66	4,32	6,30
3	7,88	4,21	6,30
4	8,58	5,96	7,30
5	8,42	6,25	7,2

Como foi ressaltado, dentre as variáveis físico-químicas mais importantes na avaliação da qualidade da água estão o pH e o OD, mas que ao mesmo tempo são difíceis de se interpretar, devido ao grande número de fatores que podem influenciá-las.

Para a maioria dos corpos de águas naturais, o valor do pH é influenciado pela concentração de íons H^+ originado da dissociação do ácido carbônico, um dos responsáveis pela sua acidez. O pH das águas pode ser alterado ainda, pelo despejo de efluentes domésticos e industriais ou através da lixiviação de rochas e da erosão de áreas agrícolas, onde são utilizados corretivos e fertilizantes.

Alterações diárias no valor do pH constitui-se um sério problema no processo de tratamento de águas para o abastecimento público, tornando-o mais oneroso (Branco, 1986; Zuccari, 1992).

A Legislação (Quadro 1) estabelece valores de pH entre 6,5 e 8,5 para águas destinadas ao consumo humano, e entre 6,0 e 9,0 para todas as classes de água doce.

A Figura 23 mostra que o comportamento do pH nos Pontos 2, 3, 4 e 5 são similares, e evidencia que o Ponto 1 foi aquele que apresentou-se com os menores valores, e portanto, apresentando tendência mais ácida. Sendo o Ponto 1, o local de captação de água para o abastecimento da cidade de Pardinho, este fato pode contribuir para aumentar os custos operacionais da ETA, em termos de correção de sua acidez.

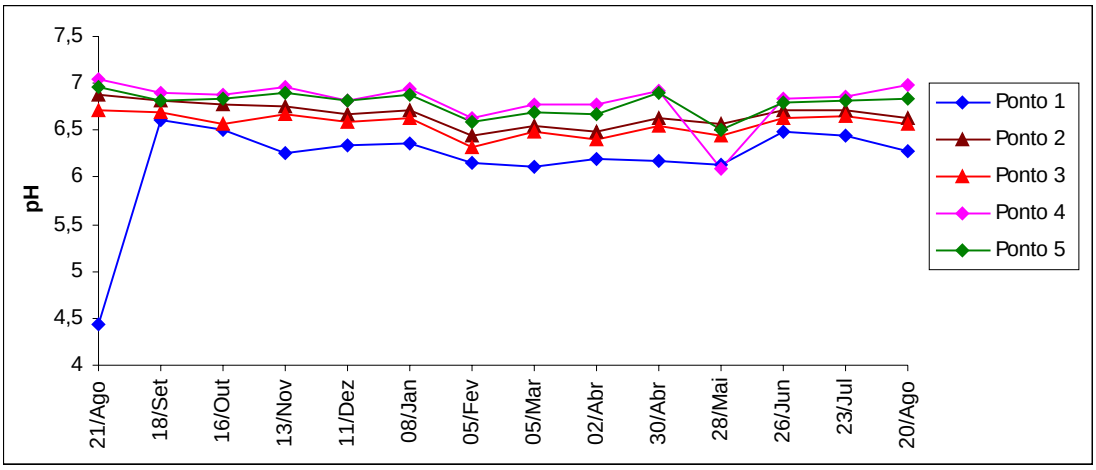


FIGURA 23 - Valores de pH observados nas 14 amostragens mensais, realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo.

Observando-se os Quadros 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 23, verifica-se que somente o Ponto 5 apresentou pH com valores adequados em termos de potabilidade em todas as amostras coletadas, evidenciando ainda que o Ponto 1 foi aquele que apresentou o mais baixo valor de pH. Valores similares aos obtidos no Ponto 1, foram detectados por Zuccari (1992) para a nascente do Ribeirão Lavapés, atribuídos às características físico-químicas do solo,

visto que, em geral, os solos da região são ácidos . Observa-se ainda que os altos valores de pH obtidos para o Ponto 4 devem estar relacionados à intensa atividade agrícola daquela área.

QUADRO 23 - Valores de pH verificados nos 5 pontos de amostragens da Bacia Experimental do Rio Pardo

Pontos	Máximo	Mínimo	Médio
1	6,61	4,44	6,2
2	6,88	6,45	6,7
3	6,72	6,32	6,6
4	7,05	6,09	6,8
5	6,96	6,51	6,8

De forma geral, a grande maioria das amostras coletadas apresentaram valores compatíveis com a Legislação (Quadro 1) em relação ao pH.

A DQO (Demanda Química de Oxigênio) estima a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável e aquela biológicamente estável (Zuccari, 1992), além de matéria inorgânica (FEPAM, 1996).

Segundo Jordão (1982) citado por FEPAM (1996), uma das vantagens da DQO (Demanda Química de Oxigênio) sobre a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) consiste na obtenção de resultados em tempo menor. Além disso, os valores obtidos através da DQO representa não somente o oxigênio consumido biológicamente, mas abrange toda matéria oxidável.

Pela Figura 24, verificou-se um comportamento semelhante entre os 5 pontos de amostragens, com picos registrados nos Pontos 2 e 5. Os dados obtidos para DQO no Ponto 2, provavelmente, resultam do lançamento dos efluentes da ETE de Pardinho, e no caso do Ponto 5, pode ser atribuída à intensa atividade hortícola da região.

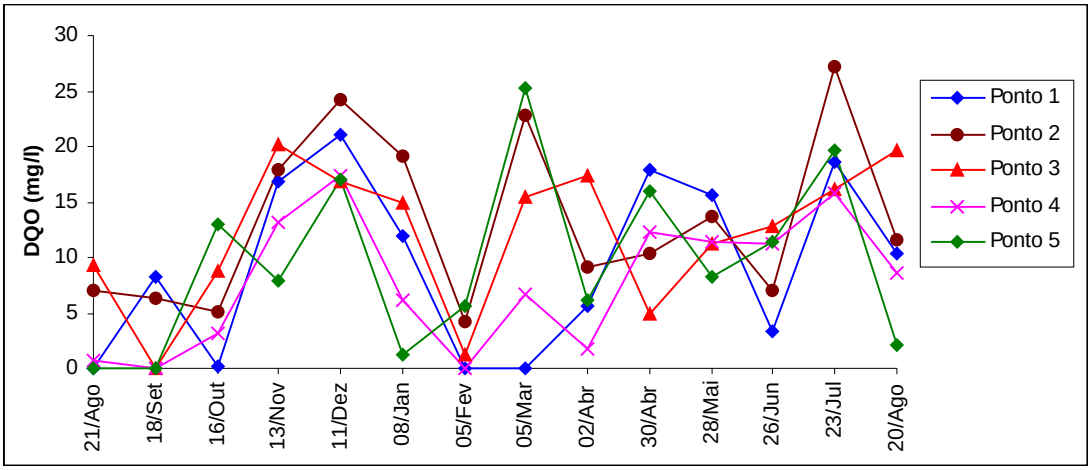


FIGURA 24 - Valores de DQO ($mg.L^{-1}$) observados nas 14 amostragens mensais, realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo.

QUADRO 24 - Valores de DQO ($mg.L^{-1}$) verificados nos 5 pontos de amostragens da Bacia Experimental do Rio Pardo

Pontos	Máximo	Mínimo	Médio
1	21,08	0,001	10,0
2	27,21	4,16	13,3
3	20,10	0,001	12,1
4	17,40	0,001	7,7
5	25,25	0,001	9,5

Observa-se no Quadro 24 que, em termos médios, o Ponto 4 foi aquele que apresentou-se com os menores valores da DQO. O Ponto 2, apresentando os valores médios e máximos mais elevados, podem ser considerados baixos se comparado àqueles obtidos por Zuccari (1992), no ponto mais poluído do Ribeirão Lavapés (537,0 $mg.L^{-1}$), pela FEPAM (1996) no rio Gravataí (160,0 $mg.L^{-1}$) e por Silva et al. (1998) no Ribeirão Água Amarela, cujo ponto de amostragem localiza-se próximo à ETE de Pardinho (68,92 $mg.L^{-1}$).

Salienta-se que não foram detectados valores significativos da DQO em várias amostras analisadas (Quadros 2, 3, 4, 5, 6 e 7) e mesmo os valores detectados podem ser considerados irrisórios.

A condutividade de uma solução é a capacidade em conduzir corrente elétrica, em função da concentração iônica, principalmente através de conteúdos de nutrientes como cálcio, magnésio, potássio, sódio, carbonato, sulfato e cloreto (Esteves, 1988).

Assim, a determinação da CE (Condutividade Elétrica) em amostras de água oferece informações importantes a respeito dos ecossistemas aquáticos, e aliada ao fato de ser relativamente fácil a sua determinação, muitos autores tem adotado essa variável na avaliação dos corpos de água, como pode ser verificado na literatura.

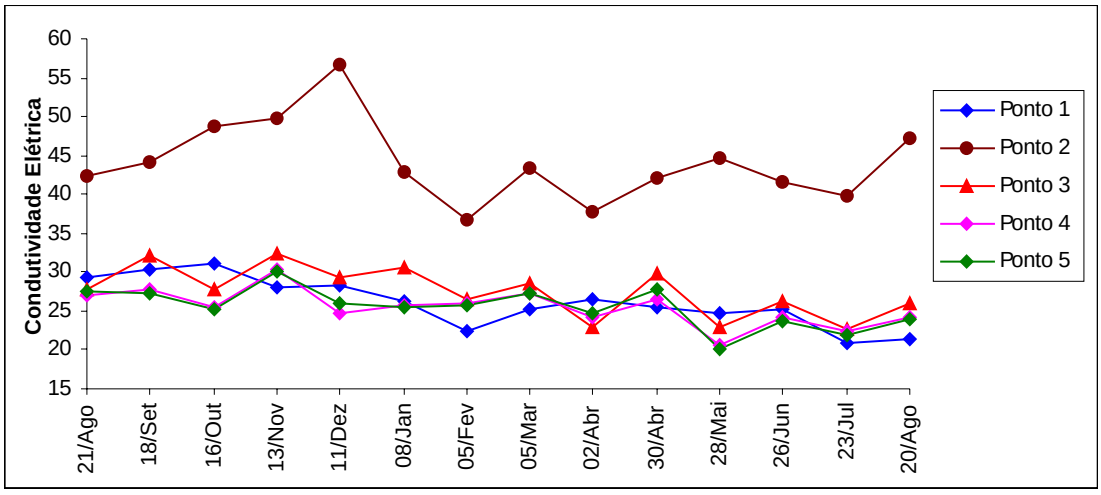


FIGURA 25 - Valores de Condutividade Elétrica ($\mu S.cm^{-1}$) observados nas 14 amostragens mensais, realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo.

Os resultados obtidos (Figura 25) demonstraram que o Ponto 2 é aquele com maior carga de íons em suas águas, fato esse que pode ser confirmado ao se

observar os valores, principalmente, do cálcio e magnésio (Figuras 17 e 18, e Quadros 17 e 18). Além disso, pela Figura 25, pode ser verificado um comportamento similar em relação à CE entre os demais pontos de amostragens.

QUADRO 25 - Valores de Condutividade Elétrica ($\mu S.cm^{-1}$) verificados nos 5 pontos de amostragens da Bacia Experimental do Rio Pardo

Pontos	Máximo	Mínimo	Médio
1	31,0	21,0	26,1
2	56,7	36,7	44,1
3	32,5	22,7	27,6
4	30,4	20,6	25,5
5	30,0	20,1	25,5

A Legislação em vigor não apresenta limites para a variável CE, porém, é possível confrontar os resultados obtidos nas água do Rio Pardo com aqueles determinados em outros trabalhos. Assim, observando-se os dados do Quadro 25, verifica-se que o valor máximo foi de 56,7 $\mu S.cm^{-1}$, enquanto que para Zuccari (1992) o maior valor foi de 400 $\mu S.cm^{-1}$, no ponto de maior carga poluidora do Ribeirão Lavapés; para D'Assumpção & Amorim (1997) foi de 700 $\mu S.cm^{-1}$, no açude do rio Curu; Amorim & D'Assumpção (1997) encontraram o valor máximo de 2.800 $\mu S.cm^{-1}$ no açude de Pacajus, enquanto que Silva et al. (1998) observaram 687,91 $\mu S.cm^{-1}$ no Ribeirão Água Amarela.

Ao considerar, a título de exemplo, que a CE em água destilada de boa qualidade pode chegar a 5 ou 6 $\mu S.cm^{-1}$, e considerando-se ainda que o valor de 16$\mu S.cm^{-1}$ encontrado por Zuccari (1992) para a nascente do Ribeirão Lavapés, os resultados mínimos detectados para o Rio Pardo se apresentaram como mais elevados, embora haja um acentuada diminuição ao longo do referido curso de água, atingindo, no Ponto 5, o valor mínimo de 20,1

$\mu S.cm^{-1}$. Há que se considerar ainda que a condutividade elétrica da água mineral de boa qualidade situa-se em torno de 150 $\mu S.cm^{-1}$, sendo necessário a verificação de outros fatores na avaliação de um corpo de água.

Outras duas variáveis tem sido muito utilizadas no monitoramento dos recursos hídricos: a turbidez e os sólidos em suspensão. Porém, Clark et al.(1981), citados por Zuccari (1992), discutem a confusão que muitas vezes se observa em relação a essas variáveis, onde os termos turbidez e sólidos em suspensão tem sido utilizados como sinônimos.

Segundo os citados autores, a turbidez é um critério primário a ser observado para avaliar a potabilidade da água e determinar a aceitabilidade visual das águas residuárias. A turbidez é a condição de um corpo de água causada pela presença de material em suspensão finamente dividido e depende, basicamente, do tamanho e forma das partículas que variam entre 0,1 e 10,0 nm. Ainda, segundo os autores, o termo sólidos em suspensão é freqüentemente mal empregado e isso tem causado uma série de controvérsias com relação a essas duas variáveis. A medida de sólidos em suspensão é a concentração de massa, independente do tamanho das partículas encontradas na água.

Altos valores de turbidez e sólidos em suspensão prejudicam e sobrecarregam os processos de tratamento de água destinada ao consumo humano. Podem ainda, provocar danos à biota aquática, visto que limita a penetração da radiação solar e com isso reduz a fotossíntese, além de provocar alterações nos processos de reprodução e crescimento de peixes (Branco, 1986; Zuccari, 1992; FEPAM, 1996).

Na Figura 26, verifica-se que o comportamento dos valores de turbidez são semelhantes em praticamente todos os pontos de amostragens, com alguns picos significativos verificados nos Pontos 1, 2, 4 e 5, sendo que o Ponto 3 foi aquele que apresentou

menor variação. Esse fato pode ser explicado pela presença da vegetação bem preservada nas margens e pelo manejo do solo que inclui curvas de nível e sistema de retenção de água pluviais, implantados em algumas propriedades sob a orientação de técnicos da Casa da Agricultura e com o apoio da Prefeitura Municipal de Pardinho, podendo, assim, reter grande parte do material responsável pela turbidez.

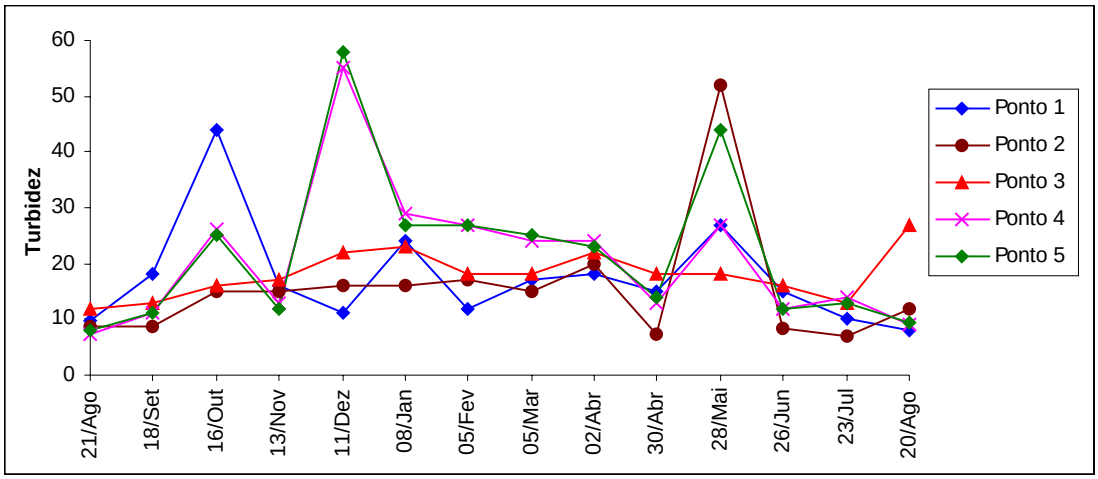


FIGURA 26 - Valores de Turbidez (NTU) observados nas 14 amostragens mensais, realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo.

QUADRO 26 - Valores de Turbidez (NTU) verificados nos 5 pontos de amostragens da Bacia Experimental do Rio Pardo

Pontos	Máximo	Mínimo	Médio
1	44,0	8,0	17,5
2	52,0	7,0	15,6
3	27,0	12,0	18,1
4	55,0	7,2	20,8
5	58,0	7,9	22,0

O Quadro 26 mostra que os maiores resultados de Turbidez foram detectados nos Pontos 4 e 5, com valores de 55,0 e 58,0 NTU, respectivamente, nas amostras coletadas em dezembro (Quadros 5 e 6), época de intensa atividade agrícola e de fortes chuvas, podendo indicar manejo e práticas conservacionistas inadequados dos solos das regiões circunvizinhas. Ressalta-se ainda que os resultados obtidos no mês de maio (Figura 26), podem ter sofrido influência de uma forte chuva ocorrida no dia 25, onde se observou um total de 53,9 mm (Quadro 8).

Quanto à Legislação (Quadro 1), verifica-se que todos os pontos de amostragens apresentaram valores superiores àqueles relativos à potabilidade da água (1 a 5 NTU), sendo que apenas o Ponto 3 apresentou valores inferiores aos estabelecido para água de Classe 1. Os demais pontos podem ser classificados como sendo Classe 2, em termos de turbidez.

A presença de material sólido em suspensão nos corpos de água, a exemplo da turbidez, tem como origem os processo naturais, tais como decomposição de vegetação e presença de microorganismos, ou através da atividade antrópica, como erosão provocada principalmente pelas chuvas, atividades agrícolas e urbanas, efluentes domésticos e industriais, além de lixo de toda espécie (Zuccari, 1992; FEPAM, 1996; Conte e Castro et al., 1998).

Os resultados apresentados na Figura 27 e no Quadro 27 são aqueles obtidos nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo nas amostragens mensais, não estando incluídos aqueles das amostragens intermediárias realizadas no Ponto 5.

Os picos observados na Figura 27 para os meses de abril e maio, devem estar associados às fortes chuvas (Quadro 8) verificadas nos dias 01 de abril (37,7 mm) e 25 de maio (53,9 mm).

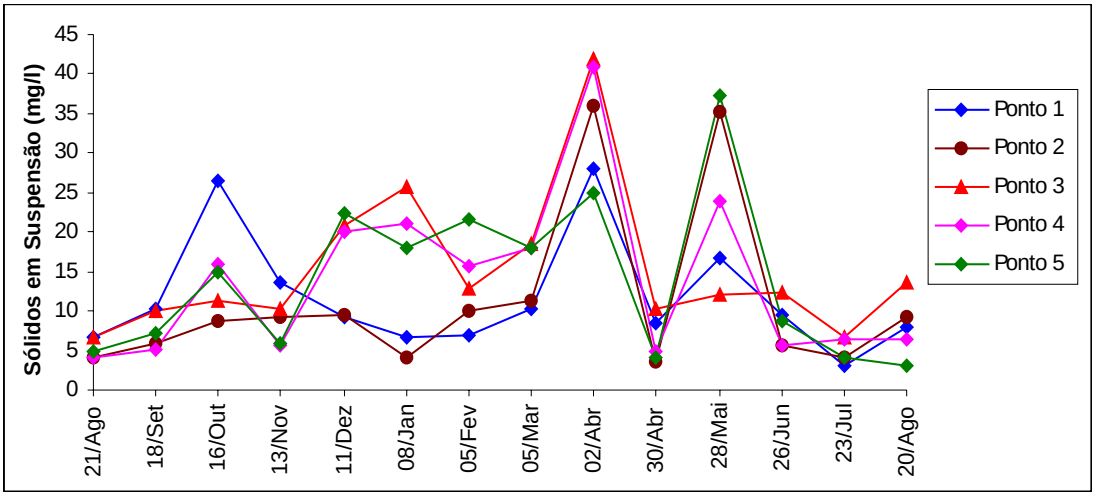


FIGURA 27 - Valores de Sólidos em Suspensão ($mg.L^{-1}$) observados nas 14 amostragens mensais, realizadas nos 5 pontos da Bacia Experimental do Rio Pardo.

QUADRO 27 - Valores de Sólidos em Suspensão ($mg.L^{-1}$) verificados nos 5 pontos de amostragens da Bacia Experimental do Rio Pardo

Pontos	Máximo	Mínimo	Médio
1	28,0	3,2	11,8
2	36,0	3,6	11,2
3	42,0	6,8	15,2
4	41,0	4,0	13,8
5	37,3	3,2	13,9

Considerando-se esses valores, verifica-se que todos os resultados estão abaixo daqueles preconizados pela Legislação (Quadro 1) em termos de sólidos em suspensão para todas as Classes.

Se comparados àqueles obtidos por Zuccari (1992) para a nascente do Ribeirão Lavapés, cujo valor mínimo foi de 0,9 $mg.L^{-1}$, verifica-se que as concentrações de sólidos em suspensão encontrados nas amostras do Rio Pardo são superiores em todos os pontos de amostragens. Cabe salientar que a nascente do Ribeirão Lavapés encontrava-se em área protegida por matas e relativamente distante de atividades agrícolas, urbanas e industriais

Em termos de valores máximos de sólidos em suspensão (Quadro 27), os resultados obtidos para as amostragens mensais realizadas no Rio Pardo, são inferiores aos determinados por Zuccari, 1992 (6.664,7 $mg.L^{-1}$); FEPAM, 1996 (223,0 $mg.L^{-1}$); Amorim & D'Assumpção, 1998 (300,0 $mg.L^{-1}$) e Conte e Castro et al., 1998 (3.297,0 $mg.L^{-1}$), no caso de outros corpos de água.

Entretanto, em uma da amostragens intermediárias verificou-se o valor de 304,0 $mg.L^{-1}$ para o Ponto 5 (Quadro 7), quando da ocorrência de fortes chuvas e da maior vazão verificada durante o período experimental (Quadros 8 e 9). Fato semelhante foi verificado por Conte e Castro et al.(1998), em bacia hidrográfica de múltiplos usos.

Como foi discutido anteriormente, esses fatos demonstram a necessidade de se melhorar o manejo do solo, através da implantação de práticas conservacionistas adequadas na Bacia do Rio Pardo, bem como em outra bacias hidrográficas da região (Conte e Castro et al., 1998), em que o uso e manejo do solo inadequados vem provocando a degradação do solo de áreas agrícolas e urbanas.

Essa degradação poderia ser minimizada ou até mesmo abolida se fossem observadas rigorosamente as práticas conservacionistas nas áreas agrícolas e através de controle rigoroso de loteamentos, muitas vezes clandestinos e sem infra-estruturas adequadas, nas áreas urbanas.

7. CONCLUSÕES

Analisando-se os resultados obtidos, envolvendo aspectos quantitativos e qualitativos das águas da Bacia pode-se concluir que:

- A utilização da Bacia Experimental do Rio Pardo para fins de abastecimento da cidade de Botucatu, sem levar em consideração outros usos, encontra-se praticamente no limite de sua capacidade hídrica, já que a quantidade de água retirada para o referido abastecimento chegou a representar 96% da descarga gerada pela Bacia, em ocasiões específicas, correspondendo ao período de menor vazão;

- O aumento na demanda de água potável, em função da expansão urbana, principalmente da cidade de Botucatu, determinará, a médio prazo, a busca de outros mananciais, indicando a necessidade de gestão apropriada, e até diferenciada para a Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, visando a sua preservação ou até mesmo a sua melhoria ambiental;

- É necessário implantar práticas conservacionistas adequadas em toda a área da Bacia, visando-se minimizar as perdas de solo e nutrientes;

- Há necessidade de se buscar maior eficiência por parte dos produtores rurais, no uso adequado de fertilizantes e no manejo do solo, visto que consideráveis quantidades de solo e de nutrientes são perdidos, implicando prejuízos, em termos econômicos;

- Quanto aos defensivos agrícolas analisados, verificou-se que não foram detectados clorados, fosforados ou carbamatos em nenhuma das amostras analisadas.

Porém, sete dessas amostras apresentaram valores detectáveis de cipermetrina, um do princípios ativos do grupo dos peretróides, sem contudo comprometer a qualidade da água para os seus múltiplos usos;

- Considera-se oportuno a realização de estudos que envolvam outras variáveis, como a atrazine, princípio ativo de muitos defensivos utilizados na Bacia, assim como coleta e análise de sedimento de fundo dos cursos de água, que podem oferecer informações sobre a acumulação de defensivos e metais pesados, bem como estudos para se estabelecer valores máximos em água para o grupo dos piretróides, uma vez que nada consta na Legislação vigente no Brasil;

- Com relação aos metais pesados analisados, mercúrio e chumbo, nenhuma das amostras apresentaram concentrações detectáveis desses metais, verificando-se portanto, que as águas do Rio Pardo se apresentaram em condições adequadas de uso, em termos dos limites preconizados pela Legislação, no que se refere a esses metais;

- Outros elementos químicos analisados como o cobre e o zinco, também não apresentaram concentrações detectáveis em nenhuma das amostras analisadas, e quanto ao ferro e manganês, verificou-se que em apenas uma das amostragens apresentou valores acima daqueles estabelecidos pela Legislação, cujos teores provavelmente se devem à própria natureza e origem do solo;

- Os elevados teores observados para os nutrientes verificados no Ponto 2 são atribuídos aos efluentes da ETE de Pardinho, enquanto que nos demais pontos de coleta de amostra, tem como fonte principal, a utilização de fertilizantes e corretivos do solo nas áreas agrícolas da Bacia.

- Em relação às variáveis físico-químicas, conclui-se que:

- A temperatura do ar e da água apresentaram comportamento característico da região;

- A análise relativa aos conteúdos do oxigênio dissolvido na água (OD) mostraram que o Ponto 1 foi aquele que apresentou os mais baixos valores, atribuídos ao fato de tratar-se de uma represa de pouca profundidade, muito exposta à radiação solar, com tributários de pequena vazão que, provavelmente, determina um tempo de residência elevado, proporcionando condições ambientais adequadas à proliferação de microorganismos. Considera-se interessante avaliações futuras, em termos biológicos para se verificar as considerações anteriores;

- Os valores de oxigênio dissolvido observados na Bacia como um todo indicam uma sensível recuperação ao longo do trecho estudado, sendo que o Ponto 5 pode ser enquadrado na Classe 1 da Resolução nº do CONAMA, em termos de OD;

- A DQO apresentou um comportamento semelhante em relação aos pontos de amostragens, sendo que os picos registrados nos pontos 2 e 5 podem ser atribuídos, respectivamente, aos efluentes da ETE de Pardinho e à intensa atividade agrícola daquela região;

- Altos valores de condutividade elétrica estão relacionados, principalmente aos efluentes gerados pela ETE de Pardinho, enquanto que a turbidez, sólidos sedimentáveis e sólidos em suspensão estão associados, principalmente às práticas conservacionistas e manejo do solo, demonstrando a necessidade de otimização dessas práticas em toda a Bacia.

- Face a implantação da nova Legislação sobre Recursos Hídricos, recomenda-se a formação de um grupo de trabalho ou um “consórcio” entre os municípios de

Botucatu e Pardinho, composto por técnicos envolvidos nas atividades agrícolas, nas áreas de captação, abastecimento e tratamento de águas e de efluentes, de representantes do poder público e do setor educacional de ambos os municípios.

Esse “consórcio”, previsto na Lei 7663/91, poderia viabilizar a adoção de práticas conservacionistas mais adequadas à área da Bacia Experimental do Rio Pardo, bem como promover a implantação de mata ciliar em todos os cursos de água da referida bacia, além de trabalhar com a educação ambiental, visando-se a utilização racional e proteção de suas águas, bem como propor o enquadramento do Rio Pardo como Classe 1, devido a sua importância regional.

Além disso, poderia pleitear a compensação financeira a que se refere o Artigo 6 das Disposições Transitórias, e com esses recursos promover, por exemplo, a implantação de Reservas ou Parques Ecológicos, principalmente nas áreas das nascentes, que futuramente poderiam se prestar à educação ambiental e ao turismo ecológico, sendo esta última uma atividade promissora, tendo-se em vista as mudanças no mercado de trabalho e as novas relações no mundo do trabalho, que vem atualmente provocando a crise do desemprego.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS [*]

ABRH-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS. *Política e Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.* São Paulo, 1997. 64p.

AJZEMBERG, M.G., AIROLDI, E. Perspectivas do abastecimento de água na RMSP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 18, 1995, São Paulo. *Trabalhos apresentados*....São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, 1995. (CD-ROM).

---

[*] UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Faculdade de Ciências Agronômicas. *Normas para elaboração de dissertações e teses.* Botucatu, 1997. 35p.

ALBIZURI, R.G., BIANCO, C. A qualidade da água em reservatórios do setor elétrico. In:SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12, 1997, Vitória. *Anais...*Vitória: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1997. 7p. (150.DOC) (CD – ROM).

AMARAL e SILVA, C.C., TOMMASI, L.R., BOLDRINI, E.V. Níveis de mercúrio na Baixada Santista. *Ciên. Cult. (São Paulo).* v.35, n.6, p.771-3, 1983.

AMORIM, B., D'ASSUMPÇÃO, A.L.G. Caracterização da qualidade da água em reservatórios das bacias metropolitanas Ceará - Brasil. In:SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12, 1997, Vitória. *Anais...*Vitória: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1997. 8p. (310.DOC) (CD – ROM).

ARANA, L.V. *Princípios químicos da qualidade da água em aquicultura.* Florianópolis: Ed. da UFSC, 1997. 166p.

ARCE, R.B. *Otimização de um projeto hidro-agrícola no município de Guaíra-SP, utilizando programação linear*. Piracicaba: 1990. 78p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

ASSIS, J. C. Recursos hídricos: gestão participativa e descentralizada. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICO, 1997, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: CREA-RJ, 1997. p.4-7.

AYERS, R.S., WESTCOT, D.W. *A qualidade da água na agricultura*. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. (Estudos da FAO)

BATISTA, G.C. *Fundamentos de química e toxicologia dos inseticidas.* Piracicaba: Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1974. p.38-206. (mimeogr).

BARTH F.T., POMPEU,C.T., FILL,H.D., TUCCI,C.E.M., KELMAN, J., BRAGA JR, B.P.F. *Modelos para gerenciamento de recursos hídrico.* São Paulo: Nobel, ABRH, 1987. 526p.

BENEDEK, P. Tendencies in the hidrology of the river Danube. *GWF*, Budapest, v.130, n.8, p.373-85, 1989.

BERNDTSSON, R. Transport and sedimentation of pollutants in a river reach: a chemical mass balance approach. *Water Resour. Res.*, v.26, n.7, p.1549-58, 1990.

BERTALOT, M., MENDOZA, E. Os venenos e o respeito pela vida. *Agric. Biodinâmica,* n.79, p.22-4, 1997.

BISSACOT, D.Z. *Determinação de resíduos de inseticidas piretróides sintéticos em leite e sangue de bovinos.* Botucatu, 1995. 113p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológica) -Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista.

BOLDRINI,C.V., PEREIRA, D.N. Metais pesados na Bacia de Santos e Estuário de Santos e São Vicente. *Rev. CETESB Tecnol. Ambiental,* v.1, n.3, p.118-27, 1987.

BRANCO, S.M. *Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária.* 3ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986. 640p.

BRASIL. *Legislação federal:* controle da poluição ambiental. São Paulo: CETESB, 1995. 213p. (Série Documentos) .

BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria nº 36.* Normas e padrão da potabilidade da água destinada ao consumo humano. Diário Oficial, Brasília, 1990. (Redatilografado pelo SAMA/CVS-SES).

CABRAL, B. *Legislação Estadual de Recursos Hídricos.* Senado Federal: Brasília, 1997. 2v.

CAMPANI, D.B. Gerenciamento dos recursos hídricos no Rio Grande do Sul. In:CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25, 1996, Bauru.

Anais... Bauru: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1996. 6p. (EAS 218.DOC). (CD-ROM).

CARDOSO, L.G. *Mapa da Bacia de captação de água para o município de Botucatu.* Botucatu: Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista. 1991. Mapa p & b, 40 x 60 cm. Escala 1:50.000.

CARVALHO, N.O. *Hidrossedimentologia prática.* Rio de Janeiro: CPRM, 1994. 372p.

CARVALHO, N.O., CUNHA, S.B. Estimativa da carga sólida do rio Amazonas e seus principais tributários para a foz e oceano: uma retrospectiva. *Águas em Revista,* v.6, n.10, p.44-58, 1998.

CARVALHO, W.A., JIM, J. *Áreas de Proteção Ambiental:* Região da "Serra de Botucatu" e Região da "Serra de Fartura". Botucatu: Instituto Básico de Biologia, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, 1983. 47p.

CARVALHO, V.A. *Relações entre relevo e solos da bacia do Rio Capivara – Município de Botucatu, SP*. Botucatu, 1981. 193p. Tese (Livre Docente) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

CELESTE, M.F., CÁCERES, O. Resíduos de praguicidas clorados na represa do Ribeirão do Lobo (Broa) e nos seus rios tributários. *Ciênc. e Cult.*, (SãoPaulo), v.39, n.1, p.66-70, 1987.

CETESB. *Guia de coleta e preservação de amostras de água.* São Paulo: CETESB, 1987. 150p.

CETESB. Níveis de contaminação por metais pesados e pesticidas na água, sedimento e peixes na represa da Barra Bonita. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 13, 1985, Maceió. *Trabalhos apresentados...* Maceió: CETESB, 1985. (Resumo).

CETESB. *Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 1995.* São Paulo: CETESB, 1995. 286p. (Série Relatórios).

CODEX ALIMENTARIUS COMISSION. *Codex alimentarius:* pesticide residues in food. Rome: FAO, 1993, v.2, 146p.

COMPÊNDIO de defensivos agrícolas: guia prático de produtos fitossanitários para uso agrícola. 2.ed. São Paulo: Andrei, 1987. 492p.

CONTE e CASTRO, A.M., CONTE, M.L., MARTINS, V.H. Qualidade da água em bacia hidrográfica de múltiplos usos, em dois períodos. In: CONGRESO

LATINOAMERICANO DE INGENIERIA RURAL, 2, CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERIA RURAL, 5, 1998, La Plata. *Libro de las Memórias*: Avances en el Manejo del Suelo e Agua en la Ingeniería Rural Latinoamericana, La Plata: Editorial de la U.N.L.P., 1998. p.296-301.

CONTE e CASTRO, A.M., LEOPOLDO, P.R., CONTE, M.L., WINCKLER, G. Determinação de alguns fatores ecológicos na Bacia hidrográfica do São Caetano. In:CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, 1993. Ilhéus. *Anais*... Ilhéus: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1993. v.5, p.3162-72.

CONTE, M.L. *Espécies químicas dissolvidas no Ribeirão Lavapés, Botucatu - SP*. Botucatu, 1992. 123p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

CONTE, M.L., HORÁCIO, A., HELIODORO, A.F. Avaliação da qualidade da água na represa situada no Parque Municipal de Botucatu-SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, 10, 1996, Recife.. *Anais*...Recife: Associação dos Geógrafos Brasileiros, 1996 a.. v.2, p.398-400.

CONTE, M.L., LEOPOLDO, P.R. Aspectos de direito ecológico internacional. *Rev. Ciênc. Geogr.*, n.9, AGB-Núcleo Bauru, p.14-16, 1998.

CONTE, M.L., LEOPOLDO, P.R., CONTE E CASTRO, A.M., ZUCCARI, M.L. Aspectos ecológicos dos recursos hídricos em Botucatu. *Rev. Ciênc. Geogr.*, n.3, AGB-Núcleo Bauru, p.9-15, 1996 b.

CORREIO DA UNESCO. *As maravilhas da água.* Rio de Janeiro: FGV. v.13, n.3, mar. 1985. 34p.

COSTA JR., P.J., GREGÓRI, G. *Direito penal ecológico.* São Paulo: CETESB, 1981. 96p.

COWAN, G. I., BAGGS, E.M., HOLLOHAN, B.T. Bacteriological water quality of a mult-use catchment basin on Avalon Península, Newfondland. *Water Res.*, v.23, n.3, p.261-6, 1989.

CREA . Vai faltar H_2O. *Rev. CREA-PR,* v.1, n.1, p.18-9, 1998.

CUSTÓDIO, H.B. Legislação brasileira do estudo de impacto ambiental. In: TAUK, S.M. (org.) *Análise ambiental:* uma visão interdisciplinar. São Paulo: Editora Universidade Estadual Paulista, 1991. cap.3, p.37-54.

D'ASSUMPÇÃO, A.L.G., AMORIM, B. Qualidade da água em reservatórios da bacia hidrográfica do Curu - CE - Brasil. In:SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12, 1997, Vitória. *Anais...*Vitória: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1997. 8p. (236.DOC) (CD – ROM).

DEFFUNE, G. *A avaliação dos recursos hídricos na Geografia.* Maringá, março/94, Apontamentos n. 25, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Pr, 1994, 41p.

ESTEVES, F.A. *Fundamentos de limnologia.* Rio de Janeiro: Interciência, 1988. 575p.

ETTINGER, M.G. Evaluation of methods currently used to determine BOD, COD and odor for industrial wastes. *Sewage Industrial Wastes.*, v.28, n.9, p.1116-21, 1956.

EYSINK, G.G.J., PÁDUA, H.B., PIVA-BERTOLETTI, S.A.E. Metais pesados no Vale do Ribeira e em Iguápe - Cananéia. *Rev. CETESB Tecnol. Ambiente,* São Paulo, v.1, n.2, p.6-13, 1988.

FAUSEY, N., DOWDY, R., STEINHEIMER, T., SPALDING, R., LANCHARD, P., LOWERY, B., ALBUS, W., CLAY, S. Where's the atrazine? - A regional groundwater synopsis. In: CLEAN WATER - CLEAN ENVIRONMENT - 21ST CENTURY: TEAM AGRICULTURE-WORKING TO PROTECT WATER RESOURCES, 1995, Kansas City. *Conference Proceedings...* San Joseph: Americam Society of Agricultural Engineers, 1995. p.69-72, v.1: Pesticides.

FEPAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE ROESSLER. *Monitoramento da qualidade da água - Rio Gravataí.* Porto Alegre: FEPAM, 1996. 74p.

FRANKEN, W., LEOPOLDO, P.R., BERGAMIN FILHO, H. Nutrient flow through natural waters in “terra firme” forest in central Amazon. *Turrialba*, Costa Rica, v.35, n.4, p.383-93, 1985.

GRANER, C.A.F., ZUCCARI, M.L., PINHO, S.Z. Determinação da demanda química de oxigênio em águas por expectofotometria dos íons crômio (III) e dicromato. *Eclética Química*, São Paulo, v.23, 1998. (No prelo)

GREENBERG, A.G., CLESCERI, L.S. & EATOON, A.D.(eds). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 18.ed. Washington: APHA, 1992. 1.267p.

GREGA FILHO, B., BOMBONATTO JR., C. Do saneamento básico ao saneamento ambiental. *Rev. DAE-SABESP*, v.53, p.4-14, 1993.

GLOSSÁRIO de ecologia. São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1987. 271p.

GUIMARÃES, A.B., GUIMARÃES, A. Levantamento dos principais defensivos agrícolas utilizados na bacia hidrográfica do Rio Pardo. *Rev. Ciênc. Geogr.*, AGB-Núcleo Bauru, 1999 (no prelo).

HELIODORO, A.F., CONTE, M.L., HORÁCIO, A., GABRIEL, J.L.C. Ocorrência de peixes mortos na represa do Parque Municipal de Botucatu. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA, 6, 1997, São Carlos.. *Resumos...* São Carlos: Associação Brasileira de Limnologia, 1997. p.231.

HENRY, R. Estudos ecológicos na represa do rio Pardo (Botucatu, SP, Brasil). I: O ambiente variações diurnas de alguns fatores ambientais. *Rev. Bras. Biol.*, v.41, n.1, p. 153-61, 1981.

HENRY, R., CARAMACHI, E.M.P., TUNDISI, J.G. Preliminary results of a survey of ecological factors in a shallow tropical reservoir. *Rev. Bras. Biol.*, v.38, n.1, p. 171-5, 1978.

HENRY, R., GOUVEIA, L. Os fluxos de nutrientes e seston em cursos de água do Alto Paranapanema (São Paulo) - Sua relação com usos do solo morfologia das bacias de drenagem. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, v.65, n.4, p.439-51, 1993.

HERRERA, O.M., LEOPOLDO, P.R. Perdas de água tratada no sistema de abastecimento público de Botucatu. *Energ. Agric*. (Botucatu), v. 12, n. 3, p. 19-25, 1997

HERRERA, O.M., LEOPOLDO, P.R., CONTE, M.L. Demanda e consumo de água em comunidade de médio porte: um estudo de caso. *Águas em Revista,* 1998. (no prelo).

HORA, M.G.M. Diagnóstico preliminar das condições hidrossedimentológicas do Rio Paraíba do Sul e seus principais afluentes. *Águas em Revista,* v.6, n.10, p.27-9, 1998.

HUMMEL, J.W.; WAX, L.M., STOLLER, E.W. Reducing herbicide inputs in weed management systems for th corn belt. In: CLEAN WATER - CLEAN ENVIRONMENT - 21ST CENTURY: TEAM AGRICULTURE-WORKING TO PROTECT WATER RESOURCES, 1995, Kansas City. *Conference Proceedings...* San Joseph: Americam Society of Agricultural Engineers, 1995. p. 93-6, v.1: Pesticides.

HUNTZINGER, T.L., STAMER, J.K. Herbicides and nitrates in water supply sources in Central Nebraska. In: CLEAN WATER - CLEAN ENVIRONMENT - 21ST CENTURY: TEAM AGRICULTURE-WORKING TO PROTECT WATER RESOURCES, 1995, Kansas City. *Conference Proceedings...* San Joseph: Americam Society of Agricultural Engineers, 1995. p. 149-52, v. 3: Practices, Systems & Adoption.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Carta do Brasil.* 1969. Mapa color., 55,3 x 51,4 cm. (folha SF – 22 – R - IX – 3 - Botucatu). Escala 1:50.000.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Carta do Brasil.* 1970. Mapa color., 55,3 x 51,4 cm. (folha SF – 22 – X - II– 1 – Pardinho). Escala 1:50.000.

KELMAN, J. Gerenciamento de recursos hídricos. Parte I: Outorga. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12, 1997, Vitória. *Anais*...Vitória: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1997a, 6p. (277.DOC) (CD – ROM).

KELMAN, J. Gerenciamento de recursos hídricos. Parte II: Cobrança. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12, 1997, Vitória. *Anais*...Vitória: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1997b, 7p. (278.DOC) (CD – ROM).

KREBS, A.S.J., ZIM-ALEXANDRE, N., NOSSE, E.O. Zoneamento das disponibilidades e da qualidade dos recursos hídricos da bacia do Rio Araranguá. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12, 1997, Vitória. *Anais*...Vitória: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1997. 7p. (072.DOC) (CD – ROM).

LAROCHE, A.-M., GALLICHAND, J. Analysis of pesticide residues in surface and groundwater of a small watershed. *Trans. ASAE* (Am. Soc. Agric. Engi. v.38, n.6, p.1731-6, 1995.

LEAL, M.S., LA ROVERE,E.L. Implantação e operacionalização do modelo de gestão de recursos hídricos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12, 1997, Vitória. *Anais*...Vitória: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1997. 7p. (162.DOC) (CD – ROM).

LEOPOLDO, P.R., HERRERA, O.M. Estimativa do consumo e da demanda em água potável na cidade de Botucatu-SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12, 1997, Vitória. *Anais*...Vitória: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1997. 6p. (298.DOC) (CD – ROM).

LEOPOLDO, P.R., SOUSA, A.P. *Hidrometria (Medição de vazão).* Botucatu: Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista. 1979. 71. (mimeogr.)

LEOPOLDO, P.R., STERNBERG, S., SALATI, E. Tendências de alterações no regime pluviométrico da região central do Estado de São Paulo, Brasil. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE INGENIERIA RURAL, 2, CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERIA RURAL, 5, 1998, La Plata. Avances en el Manejo del Suelo e Agua en la Ingeniería Rural Latinoamericana, La Plata: Editorial de la U.N.L.P., 1998. 6p. (Paper ICR52) (CD-ROM).

MARTINS, V.H. *Poluição das águas da "Bacia do Ribeirão São Caetano", Botucatu-SP.* Botucatu; 1997. 23p. Monografia de Qualificação (Curso de Geografia) Departamento de Estudos Geográficos, UNIFAC, Associação de Ensino de Botucatu.

McCONNELL, L.L; NELSON, E.; RICE, C.P.; HARMAN, J.A, BAKER, J.E., JOHNSON, W.E., CHERNYAK, S.M. Pesticides in Chesapeake Bay, atmosphere, and surface waters. In: CLEAN WATER - CLEAN ENVIRONMENT - 21ST CENTURY: TEAM

AGRICULTURE-WORKING TO PROTECT WATER RESOURCES, 1995, Kansas City. *Conference Proceedings...* San Joseph: Americam Society of Agricultural Engineers, 1995. p. 129-32, v.1: Pesticides.

MÉNDEZ, F.J. Degradación de un suelo calcáreo regado com aguas residuales en la cuenca de Lago Valencia, Venezuela. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE INGENIERIA RURAL, 2, CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERIA RURAL, 5, 1998, La Plata. *Libro de las Memórias*: Avances en el Manejo del Suelo e Agua en la Ingeniería Rural Latinoamericana, La Plata: Editorial de la U.N.L.P., 1998. p. 380-90.

NASCIMENTO, E.P. Atuação da CESP e a questão ambiental na região. In: ENCONTRO DE ESTUDOS SOBRE A AGROPECUÁRIA NA REGIÃO DE BOTUCATU, 1989, Botucatu. *Anais...*Núcleo de Extensão de Serviços à Comunidade, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, 1989. p.94-6.

PADOVAN, V.L.A. *Qualidade da água do Ribeirão Paraíso em São Manuel – SP*. Botucatu, 1993. 25p. Monografia de Qualificação (Curso de Geografia) Departamento de Estudos Geográficos, UNIFAC, Associação de Ensino de Botucatu.

PEREIRA, N., TOMMASI, L.R. Nota sobre os níveis de ∑DDT (DDT + DDE + DDA) na região dos Estuários e Baías de Santos e São Vicente. *Bol. Inst. Oceanogr.* , v.33, n.1, p.1-4, 1985.

PESSOA, M.L. Água potável: o que estamos fazendo com ela! Associação Brasileira de Recursos Hídricos. *Bol. Inf.*, ABRH, v.36, p.3-4, 1989.

PINHEIRO, A., CAUSSADE, B. Um modelo de transporte de pesticidas em bacias agrícolas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12, 1997, Vitória. *Anais...*Vitória: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1997. 8p. (394.DOC) (CD – ROM).

PINHEIRO, A., KORETA, R., CAUSSADE, B. Estudo numérico do transporte de agrotóxico e seus metabólitos no solo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12, 1997, Vitória. *Anais...*Vitória: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 1997, 7p. (147.DOC) (CD – ROM).

POLTRONIERI, L.C. *O custo social do uso de praguicidas na agricultura por intoxicações: identificação de áreas de risco no Estado de São Paulo no período 1992/1994.* Rio Claro. 1997. 255p. Tese (Livre Docência) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

PRETI, F., LEONE, A., RIPA, M.N. Nitrate losses during runoff events and lake eutrophication: space-time distributed analysis for agricultural land management. In: INTENATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURAL ENGINEERIG, 2, 1998, Oslo. *Proceedings*...Oslo: EurAgEng, 1998. (Paper nº 98-C-073).

REBOUÇAS, A.C. *Panorama da água doce no Brasil.* In: REBOUÇAS, A.C., (org.) Panoramas da degradação do ar, da água doce e da terra no Brasil. São Paulo: IEA/USP, 1997. 150p.

RESSLER, D.; BAKER, J.; KASPAR, T., HORTN, R., GREEN, J. Localized comaction and doming to increase N-use efficiency and reduce leaching. In: CLEAN WATER - CLEAN ENVIRONMENT - 21ST CENTURY: TEAM AGRICULTURE-WORKING TO PROTECT WATER RESOURCES, 1995, Kansas City. *Conference Proceedings*... San Joseph: Americam Society of Agricultural Engineers, 1995. p. 215-18, v. 3: Practices, Systems & Adoption.

RIBEIRO, F.L. *Sistema de Informações Geográficas aplicados ao mapeamento dos usos atual e adequado da terra do alto Rio Pardo – Botucatu (SP)*. Botucatu: UNESP, 1998. 114p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

RICO, M.C., HERNÁNDEZ, L.M., GONZALÉZ, M.J. Water contamination by havy metals (Hg, Cd, Pb, Cu and Zn) in Doñana National Park (Spain). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, v.42, p.582-8, 1989.

ROCHA, A.A., PEREIRA, D.M., PÁDUA, H.B. Produtos de pesca e contaminantes químicos na água da Represa Billings, São Paulo (Brasil). *Rev. Saúde Pública*, v.119, n.5, p.401-10, 1985.

ROQUE, R. *Aspectos ecológico sanitário e o fitoplâncton na represa Billings.* São Paulo: USP, 1980. 87p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo.

SANTINI, J.A.S. *Microbacia Hidrográfica do Rio Pardo.* Botucatu: Delegacia Agrícola de Botucatu , 1993. Mapa p & b, 150 x 210 cm. (folhas I, II, III e IV). Escala 1:10.000.

SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente - Coordenadoria de Planejamento Ambiental. *Recursos hídricos:* histórico, gestão e planejamento. São Paulo, 1995. 90p.

SÃO PAULO. Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras. *Legislação sobre recursos hídricos.* São Paulo: DAEE, 1994. 72p.

SHARPLY, A.; SMITH, S.J., DANIEL, J.A. Prevention of ground and surface water contamination by new agricultural management systems. In: CLEAN WATER - CLEAN ENVIRONMENT - 21ST CENTURY: TEAM AGRICULTURE-WORKING TO PROTECT WATER RESOURCES, 1995, Kansas City. *Conference Proceedings...* San Joseph: Americam Society of Agricultural Engineers, 1995. p. 243-46, v. 3: Practices, Systems & Adoption.

SILVA, A.M.M., HENRY, R., CARVALHO, L.R., SANTINI, J.A.J. A capacidade de autodepuração de um curso de água: um estudo de caso no Rio Pardo (Botucatu, SP). *Acta Limnol. Brasil.*, v.10, n.2, p. 245-68, 1998.

SILVA, M.O.S.A. *Análise físico-química para controle de estações de tratamento de esgoto.* 18 ed. São Paulo: ABES, 1977. 226p.

SOUZA, A.J., ANDRADE, F.C., TOLEDO PIZA, M.A.B., CONTE, M.L. Aspectos físicos do município de Botucatu. In: BOTUCATU: polo de desenvolvimento regional. 1985. 34p. (mimeog.)

TEIXEIRA, C., KUTNER, M.B. Plankton studies en a mangrove environment. I. First assessment of a standing stock and principal factors. *Bol. Inst. Oceanogr.* , v.12, n.3, p. 101-24, 1962.

TORNERO, M.T. *Fotointerpretação da cobertura vegetal e da rede de drenagem da Bacia Experimental do Rio Pardo, no período de quinze anos.* Botucatu, 1995. 154p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

VAN EPS, M.A.., FORMICA, S.J., KRESSE, T., CZARNOMSKI, A., VAN SCHAIK, E., GIESE,J. Survey of Arkansas swine liquid waste systems. In: INTERNATIONAL

CONFERENCE ON AGRICULTURAL ENGINEERIG, 2, 1998, Oslo. *Proceedings*... Oslo: EurAgEng, 1998. Paper nº 98-E-017.

ZIMBACK, C.R.L. *Mapa de solos da bacia do Rio Pardo (SP).* Botucatu: FEPAF, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, 1997. 55p. (No prelo).

ZUCCARI, M.L. *Determinação de fatores abióticos bióticos do Ribeirão Lavapés (Botucatu-SP).* Botucatu, 1992. 113p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

ZUCCARI, M.L., CONTE, M.L., LEOPOLDO, P.R., DAMACENO, S. Variações de alguns fatores ecológicos durante 24 horas no Ribeirão Lavapés (Botucatu, SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20, 1991, Londrina. *Trabalhos apresentados*... Londrina: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1991. (Anais).