

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

**QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZADA PARA IRRIGAÇÃO DE  
HORTALIÇAS NA REGIÃO DE BOTUCATU – SP E SAÚDE PÚBLICA**

**ANA MARIA MORATO FÁVERO DE FRAVET**

BOTUCATU – SP  
Janeiro - 2006

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

**QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZADA PARA IRRIGAÇÃO DE  
HORTALIÇAS NA REGIÃO DE BOTUCATU – SP E SAÚDE PÚBLICA**

**ANA MARIA MORATO FÁVERO DE FRAVET**

Orientador: **Prof. Dr. Raimundo Leite Cruz**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Irrigação e Drenagem.

BOTUCATU – SP  
Janeiro - 2006

***Dedico...***

*...aos meus pais Roberto e Célia, que apesar da saudade que senti,  
sempre me deram muito amor e me proporcionaram uma  
ótima educação e todas as condições fazendo com que eu  
pudesse chegar até aqui.*

*...aos meus irmãos Ana Célia, Paulo, Aninha e Ana Cris, meus  
cunhados Jeff, Fanny, Daniel e Flavio e minha sobrinha  
Júlia por todo apoio, amizade e carinho.*

## **AGRADECIMENTOS**

- Agradeço a Universidade Estadual Paulista - FCA/UNESP, Campus Botucatu e ao CNPq pela oportunidade de realização do curso de Mestrado.
- Ao Prof. Dr. Raimundo Leite Cruz, meu orientador, pela sincera amizade.
- A Prof. Dra. Maria de Lourdes Conte, por sempre estar disposta a me ajudar e por todo seu apoio.
- Em especial ao amigo Carlos Jesus Baca Garcia, pela amizade desde o primeiro dia em Botucatu.
- As minhas queridas e grandes amigas Lilian Moreira e Millena Ariana Boueri.
- As minhas amigas Chrystiane Borges Fráguas, que sempre me ajudou muito em tudo que precisei e Karina Almeida, pelos momentos alegres que passamos durante o tempo em que moramos juntas.
- Aos funcionários e amigos do Departamento de Engenharia Rural José Israel Ramos, Sílvio Sabatini Simonetti Scolástici e Gilberto Winkler.
- A todos os professores do Departamento de Engenharia Rural, especialmente ao Prof. Dr. Antônio de Pádua Sousa e Prof. Dr. João Carlos Cury Saad.
- Aos amigos Rodrigo e Luciana Trigueiro, Juliana Gadum, Roberta Duarte Calaça Vieira, Andréa Bogatti Guimarães, Marcelo Alves Terra, Raúl Martínez Uribe e a todos os que com sua amizade, contribuíram para que tudo corresse bem durante minha pós-graduação.
- A Prof. Dr. Tânia Ruiz pelas sugestões.
- Prof. Dra. Luzia Trinca.
- Aos produtores que me receberam muito bem em suas propriedades e que assim fizeram com que eu realizasse este trabalho.
- E a todos que me ajudaram e me acolheram em Botucatu e que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigada, por tudo!!!!

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>IV</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>VII</b>
<b>1. RESUMO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. SUMMARY.....</b>	<b>3</b>
<b>3. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>5</b>
<b>4. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>9</b>
4.1 Legislação.....	<b>9</b>
4.2 Importância da Água na Agricultura.....	<b>11</b>
4.3 Qualidade da Água para Irrigação.....	<b>12</b>
4.3.1 Considerações Gerais.....	<b>13</b>
4.3.2 Parâmetros Físico – Químicos.....	<b>15</b>
4.3.3 Parâmetros Biológicos.....	<b>20</b>
4.4 Saneamento.....	<b>20</b>
4.5 Aspectos Quantitativos e Qualitativos da Água.....	<b>23</b>

4.6 Aspectos de Saúde Pública.....	26
4.7 Doenças Relacionadas à Qualidade de Água.....	29
<b>5. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>33</b>
5.1 Metodologias Utilizadas para a Avaliação das Variáveis.....	38
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>42</b>
6.1 Temperatura do Ar e da Água.....	42
6.2 Oxigênio Dissolvido.....	44
6.3 pH.....	46
6.4 Condutividade Elétrica.....	48
6.5 Ferro.....	50
6.6 Nitrato e Nitrito.....	51
6.7 Coliformes.....	54
6.8 Cor.....	56
6.9 Sólidos Totais.....	58
6.10 Turbidez.....	60

<b>7. CONCLUSÕES.....</b>	<b>63</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>65</b>

**LISTA DE TABELAS**

	<b>Página</b>
<b>Tabela 1</b> - Quantidade de água necessária para produzir os principais alimentos.....	6
<b>Tabela 2</b> - Principais características físicas, químicas e biológicas da água.....	14
<b>Tabela 3</b> - Fatores que influenciam o entupimento em sistemas de microirrigação.....	15
<b>Tabela 4</b> - Acesso aos serviços de saneamento por classe de renda da população.....	21
<b>Tabela 5</b> - Déficits do setor de saneamento por região brasileira.....	23
<b>Tabela 6</b> – Principais doenças de veiculação hídrica em escalas mundial e comparativa	30
<b>Tabela 7</b> – Fontes de origem e tempo de sobrevivência dos patógenos no solo e nas superfícies das plantas.....	31
<b>Tabela 8</b> – Rotas de Transmissão de patógenos.....	32
<b>Tabela 9</b> – Valores para águas de Classe 1 segundo Resolução 357/05 do CONAMA....	38
<b>Tabela 10</b> – Valores da temperatura do ar (°C) por ocasião das coletas das amostras de água.....	44
<b>Tabela 11</b> – Valores da temperatura da água (°C) por ocasião das coletas das amostras.....	44



<b>Tabela 12</b> – Valores de Oxigênio Dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) encontrados para as águas nas diversas coletas referentes aos produtores.....	46
<b>Tabela 13</b> – Valores de pH.....	45
<b>Tabela 14</b> – Valores da Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) encontrados para as águas nas diversas amostras coletadas para diferentes produtores.....	50
<b>Tabela 15</b> – Valores de Ferro ( $\text{mg L}^{-1}$ ) encontrados para as águas nas diversas amostras coletadas para diferentes produtores.....	51
<b>Tabela 16</b> – Valores de Nitrato ( $\text{mg L}^{-1}$ ) encontrados para as águas nas diversas amostras coletadas para diferentes produtores.....	53
<b>Tabela 17</b> – Valores de Nitrito ( $\text{mg L}^{-1}$ ) encontrados para as águas nas diversas amostras coletadas para diferentes produtores.....	54
<b>Tabela 18</b> – Valores de Coliformes Termotolerantes (NMP) encontrados para as águas nas diversas amostras coletadas para diferentes produtores.....	56
<b>Tabela 19</b> – Valores da Cor ( $\text{mgPt L}^{-1}$ ) encontrados para as águas nas diversas amostras coletadas para diferentes produtores.....	58
<b>Tabela 20</b> – Valores dos Sólidos Totais ( $\text{mg L}^{-1}$ ) encontrados para as águas nas diversas amostras coletadas para diferentes produtores.....	58
<b>Tabela 21</b> – Valores de Sólidos Totais Fixos ( $\text{mg L}^{-1}$ ) encontrados para as águas nas diversas amostras coletadas para diferentes produtores .....	59

<b>Tabela 22</b> – Valores de Sólidos Totais Voláteis ( $\text{mg L}^{-1}$ ) encontrados para as águas nas diversas amostras coletadas para diferentes produtores.....	59
<b>Tabela 23</b> – Valores da Turbidez (UNT).....	62

**LISTA DE FIGURAS**

	<b>Página</b>
<b>Figura 1</b> – Consumo de água no mundo.....	12
<b>Figura 2</b> – Esquema do questionário aplicado aos produtores.....	34
<b>Figura 3</b> – Foto de entrevista com os produtores.....	35
<b>Figura 4</b> – Fotos de coletas de amostras de água.....	36
<b>Figura 5</b> – Mapa de localização dos produtores onde foram coletas as amostras de água...	37
<b>Figura 6</b> – Valores médios das temperaturas do ar (A) e da água (B) em °C, por ocasião das coletas de amostras de água.....	43
<b>Figura 7</b> – Valores médios de Oxigênio Dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) das amostras de água coletadas.....	45
<b>Figura 8</b> – Valores médios do pH.....	47
<b>Figura 9</b> – Valores médios da Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) das amostras de água coletadas.....	49
<b>Figura 10</b> – Valores médios de Ferro ( $\text{mg L}^{-1}$ ) das amostras de água coletadas.....	51

<b>Figura 11</b> – Valores médios de Nitrato (A) e Nitrito (B), em $\text{mg L}^{-1}$ encontrados nas amostras de água coletadas.....	52
<b>Figura 12</b> – Valores médios dos Coliformes Termotolerantes (NMP) encontrados nas amostras de água coletadas.....	55
<b>Figura 13</b> – Valores médios da Cor ( $\text{mgPt L}^{-1}$ ) encontrados nas amostras de água coletadas.....	57
<b>Figura 14</b> – Valores médios dos Sólidos Totais (A), Fixos (B) e Voláteis (C), em $\text{mg L}^{-1}$ .	60
<b>Figura 15</b> – Valores médios da turbidez (UNT).....	61

## **QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZADA PARA IRRIGAÇÃO DE HORTALIÇAS NA REGIÃO DE BOTUCATU-SP E SAÚDE PÚBLICA.** Botucatu, 2006.

Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Autora: Ana Maria Morato Fávero de Fravet

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Leite Cruz

### **1. RESUMO**

A prática da irrigação de hortaliças com águas contaminadas, e o consumo dessas “*in natura*” pela população pode constituir uma fonte de transmissão de várias doenças infecciosas. Este trabalho teve como objetivo analisar a qualidade da água utilizada para irrigação por produtores de hortaliças da região de Botucatu / São Paulo.

O procedimento metodológico consistiu na elaboração e preenchimento de um questionário de forma a se obter um cadastro do produtor com informações sobre área irrigada, hortaliças cultivadas, fonte de água, sistema de irrigação, etc. Foram entrevistados 27 produtores que vendem hortaliças nas feiras livres de Botucatu. Dentre esses produtores, foram selecionados dez, sendo um de cada localidade.

Foram coletadas três amostras de água de cada fonte e analisados os seguintes parâmetros: pH, CE, Ferro, OD, Nitrato, Nitrito, Sólidos, Coliformes totais e fecais (termotolerantes), cor e turbidez. As temperaturas do ar e da água foram medidas na hora da coleta.

Os principais padrões para avaliar os resultados obtidos foram os da Resolução do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) N° 357, de 17 de março de 2005, que estabelece os padrões para classificação dos corpos de água.

A Condutividade Elétrica foi avaliada segundo valor sugerido pela CETESB e a cor foi verificada conforme a OMS (Organização Mundial da Saúde), para água potável devido a Resolução n° 357/05 do CONAMA não estipular um valor para classificação.

Os resultados obtidos foram os seguintes: Para Oxigênio Dissolvido, Nitrito, Coliformes Totais, Sólidos Totais e Turbidez, 100% das amostras estão dentro dos

padrões estabelecidos pela Legislação; para o pH, 80% dos resultados, se enquadraram no valor estabelecido pelo CONAMA; para o Ferro, 40% das análises apresentam valores de acordo com o estipulado pela Legislação; para a CE, 30% dos resultados estão de acordo com a CETESB; apenas uma localidade não apresentou resultado de cor de acordo com a OMS; 70% dos locais apresentaram valores dentro dos padrões para Nitrato e 80% apresentaram valores aceitáveis para Coliformes Termotolerantes.

Para a saúde pública, apenas os coliformes e o nitrato são as variáveis preocupantes por estarem relacionados com a incidência de doenças, assim, das amostras de água analisadas, 40% delas (produtores A, F, H e J) oferecem algum tipo de risco para a saúde dos consumidores, segundo padrão estabelecido pelo CONAMA.

Pode-se concluir que de maneira geral, essas águas, encontram-se em condições não alarmantes, pois não apresentam valores muito diferentes daqueles estabelecidos pela Legislação.

---

Palavras-chave: hortaliças, qualidade da água, irrigação.

**WATER QUALITY USED FOR VEGETABLES IRRIGATION IN BOTUCATU-SP AREA AND PUBLIC HEALTH.** Botucatu, 2006.

Dissertation (Master Program in Agronomy / Irrigation and Drainage) - University of Agronomic Sciences of UNESP - State University of São Paulo.

Author: Ana Maria Morato Fávero de Fravet

Advisor: Prof. Dr. Raimundo Leite Cruz

## **2. SUMMARY**

The vegetables irrigation practice with polluted waters and the consumption of those "*in natura*" for the population can constitute a source of transmission of several infectious diseases. This work had as objective analyzes the water quality used for irrigation by the vegetables producers of Botucatu / São Paulo area.

The methodological procedure consisted of the elaboration and completion of a questionnaire with the objective to obtain a register of the producer with information on irrigated area, cultivated vegetables, source of water, overhead irrigation, etc. They were interviewed 27 producers that sell vegetables in the street markets of Botucatu. Among these producers, ten were selected, being one of each place.

Three samples of water of each source were collected and analyzed the following parameters: pH, CE, Iron, DO, Nitrate, Nitrito, Solids, total and fecal Coliformes (thermotolerants), color and turbidity. The air and water temperatures were measured in the collection time.

The main standard to evaluate the obtained results were the CONAMA Resolution (National Environment Council) N° 357, March 17, 2005, that it establishes the standard for water classification.

The Electric Conductivity was evaluated of agreement value suggested by CETESB and the color was verified according to OMS (Health World Organization), for potable water due to CONAMA Resolution n° 357/05 not to stipulate a value for classification.

The obtained results were the following ones: For Dissolved Oxygen, Nitrito, Total Coliformes, Total Solids and Turbidity, 100% of the samples are according to the legislation established standard; for the pH, 80% of results, it fits in the established value by CONAMA; for the Iron, 40% of the analyzes presents agreement values with stipulated by the legislation; for CE, 30% of the results are in agreement with CETESB; just a place didn't present color result according to OMS; 70% of the producers presented standard values for Nitrate and 80% presented recommended values for Coliformes Thermotolerants.

For the public health, just the coliformes and nitrate are the preoccupying variables for they be related with the incidence of diseases, so, the analyzed waters, 40% of them (A, F, H and J producers) offer some risk for the health of Botucatu population, second established standard for CONAMA.

It can be to conclude that in a general way, those waters, are in conditions no alarming, because they don't present values very different from those established by the legislation.

---

Key-Word: vegetables, water quality, irrigation.



### 3. INTRODUÇÃO

As águas superficiais utilizadas para irrigação de hortaliças, principalmente nos cinturões verdes dos grandes centros urbanos, apresentam-se, muitas vezes, contaminadas por organismos patogênicos. As hortaliças, em especial aquelas consumidas cruas, quando irrigadas com tais águas, podem servir de veículo para transmissão de várias doenças aos consumidores, tais como: amebíase, giardíase, verminoses, febre tifóide e cólera. Assim, é importante analisar e fazer o controle sanitário das águas utilizadas para irrigação, como prevenção para a saúde pública (MAROUELLI, et al., 2001).

Pode-se constatar, a partir das últimas décadas, uma aceleração acentuada das atividades agrícolas e agroindustriais em suas relações com o ambiente, com a intensiva utilização de recursos naturais, que se refletiu profundamente nas relações sócio-econômicas, gerando problemas ambientais de toda ordem. O crescimento dessas atividades, entre outros fatores, vem agravando principalmente os recursos hídricos. O aumento do consumo de água, associado à poluição dos mananciais, já apresenta um grande desafio para as regiões mais urbanizadas e industrializadas, como o Estado de São Paulo, no Brasil: “como atender a demanda dos recursos hídricos nas próximas décadas?”. O equacionamento desse grave problema passa por uma otimização do uso e controle dos recursos hídricos, onde serão exigidos, grandes montantes de investimentos, planejamentos, suportes técnicos,

administrativos e jurídicos, além de desenvolvimento científico e tecnológico (PAULA JR., 1994).

A agricultura irrigada depende tanto da quantidade como da qualidade da água. No entanto, o aspecto da qualidade tem sido desprezado devido a que no passado, as fontes de água eram abundantes, de boa qualidade e de fácil utilização. Essa situação, todavia, está se alterando em muitos lugares. O uso intensivo de praticamente todas as águas de boa qualidade implica que, tanto para os projetos novos como para os antigos que requerem águas adicionais, tem-se que recorrer às águas de qualidade inferior. Para evitar problemas conseqüentes, deve existir planejamento efetivo que assegure melhor uso possível de acordo com a sua qualidade (AYERS e WESTCOT, 1991).

Para se dar um exemplo de como a agricultura é um dos maiores consumidores de água, tendo-se por base que uma pessoa precisa de no mínimo 50 litros de água por dia, enquanto que, com 200 litros vive confortavelmente, verifica-se que estes valores quando comparados ao consumo na agricultura são considerados pequenos, como pode ser observado na Tabela 1.

**Tabela 1** - Quantidade de água necessária para produzir os principais alimentos.

<b>Produtos</b>	<b>Unidades</b>	<b>Água (em m<sup>3</sup>)</b>
Bovino	Cabeça	4.000
Ovelhas e Cabras	Cabeça	500
Carne fresca de bovino	Quilograma	15
Carne fresca de ovelha	Quilograma	10
Carne fresca de frango	Quilograma	6
Cereais	Quilograma	1,5
Cítricos	Quilograma	1
Azeites	Quilograma	2
Legumes, raízes e tubérculos	Quilograma	1

*Fonte:* UNESCO (2003), citado em Tundisi, 2003.

De acordo com Rainho, (1999), citado em Macêdo (2001), aliadas à falta de água estão à má distribuição e contaminação do recurso, atualmente cerca de 1,4 bilhões de pessoas não tem acesso à água limpa, a cada oito segundos morre uma criança por

uma doença relacionada com água contaminada, como disenteria e cólera, e 80% das enfermidades no mundo são contraídas por causa da água poluída.

Ainda de acordo com o autor:

- No Brasil, 60% das internações anuais são resultados da falta de saneamento, 30% das mortes de crianças com menos de um ano ocorrem por diarreia, sendo que no mundo, são 4 milhões de casos por ano.
- 72% das internações em hospitais são de pacientes vítimas de doenças de origem hídrica, como disenteria, hepatite, febre tifóide, cólera e esquistossomose, indiretamente, tem-se a leptospirose e dengue.
- 8% dos municípios do Brasil possuem tratamento adequado de esgoto e 58% não tem estações de tratamento de água, o que corresponde, a 54 milhões sem acesso a rede de distribuição de água e mais de 100 milhões não tem seus esgotos tratados.

O Brasil é o país mais rico do mundo em água doce, estimando-se que possui em seus domínios cerca de 8% do total mundial desse recurso. Mas ao observar essa situação com mais cautela, nota-se que cerca de 80% dessa água está concentrada na Bacia Amazônica, onde se localiza apenas 5% da população, restando para os outros 95% dos habitantes apenas 20% de toda água doce do território brasileiro (BREDA, 1999).

O privilégio do Brasil quanto aos recursos hídricos não se resume apenas às águas superficiais deve-se considerar também a significativa presença de água subterrânea. Nesse sentido destaca-se o Aquífero Guarany (no estado de São Paulo-Aquífero Botucatu) que é um dos maiores reservatórios subterrâneos do mundo, abrangendo 7 estados brasileiros, além de regiões do Uruguai, Paraguai e Argentina. No Brasil, prevê-se que cerca 40% da água destinada ao abastecimento urbano é de origem subterrânea (BREDA, 1999).

O aumento da concentração da população em áreas urbanas e a falta de coleta e tratamento de esgoto fazem com que os corpos receptores que cruzam as cidades sejam transformados em escoadouros de águas residuárias brutas. Muitos desses corpos receptores são utilizados para a irrigação de frutas e hortaliças que abastecem o mercado consumidor. Dessa forma, pressupõe-se que a maioria das águas utilizadas na irrigação de

cultivos na periferia dos grandes centros provavelmente está poluída, com excesso de matéria orgânica, nutriente e compostos de diferentes elementos químicos, material fecal que podem conter microrganismos patogênicos.

Em vários países o reuso planejado faz parte de políticas governamentais, sendo componente nos programas de irrigação e gestão de recursos hídricos. No Brasil, o reuso direto ou indireto de esgoto bruto é prática comum de lavradores ribeirinhos que usam moto-bombas de pequeno porte para levar água às culturas. Essa prática popular está ligada a pequenos empreendimentos rudimentares sem nenhum controle técnico e sanitário. No caso de águas servidas domésticas o risco para a saúde pública talvez seja o ponto mais polêmico. É unânime que a utilização dessas águas para irrigação envolva riscos à saúde. No entanto, com base nos padrões de qualidade e graus de tratamento, pode-se garantir a segurança sanitária para níveis aceitáveis. Com base nos modelos epidemiológicos de riscos à saúde e identificação de grupos de risco, pode-se pensar em medidas de proteção, na forma de barreiras aos agentes etiológicos, entre elas, o tratamento de águas residuárias, a restrição de culturas a serem irrigadas, a seleção do método de irrigação e o controle da exposição humana.

Assim, os esgotos tratados têm um papel fundamental no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos, como um substituto para o uso de águas destinadas a fins agrícolas. Ao liberar as fontes de água de boa qualidade para o abastecimento público e outros usos prioritários, o uso de esgotos tratados contribui para a conservação da água e acrescenta uma dimensão econômica ao planejamento dos recursos hídricos (MATTOS, 2003).

Uma característica marcante nas cidades brasileiras de médio e grande porte é a existência de “cinturões verdes”, que servem ao cultivo de frutas e de hortaliças e que abastecem o mercado consumidor. Não é raro verificar que a água utilizada na irrigação desses vegetais provém de pequenos córregos e rios que atravessam a região metropolitana e dela recebem contribuições de esgoto bruto ou de efluentes sem tratamento, de origem doméstica ou industrial.

Assim, o presente trabalho, tem como objetivo, avaliar a qualidade da água utilizada na irrigação de hortaliças cultivadas na região de Botucatu e sua relação com a incidência de doenças na população humana.

## **4. REVISÃO DE LITERATURA.**

### **4.1 Legislação**

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 e 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.

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, pela implantação da ISO 9000, Selo Verde, ISO 14000, e uma legislação mais rigorosa em termos da gestão ambiental.

Assim, a Resolução nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, de 17 de março de 2005, (Brasil, 2005), estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional, que segundo seus usos preponderantes, são enquadradas em 13 classes, dentre 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:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- 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
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III – classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aquicultura e a atividade de pesca.

IV – classe 3: águas que podem ser destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;

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

c) à pesca amadora;

d) à recreação de contato secundário; e

e) à dessedentação de animais.

V – classe 4: águas que podem ser destinadas:

a) à navegação; e

b) à harmonia paisagística.

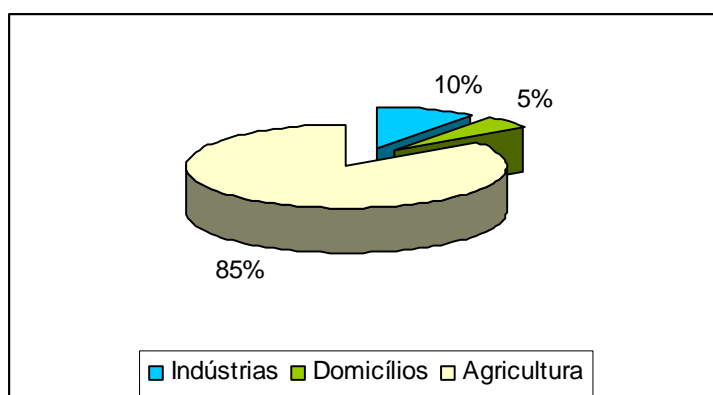
Essa Resolução estabelece os teores máximos permitidos de substâncias químicas potencialmente prejudiciais, além de valores relativos a parâmetros físico-químicos e biológicos.

## **4.2 Importância da Água na Agricultura**

O objetivo da irrigação é proporcionar umidade adequada para o desenvolvimento das plantas para aumentar a produtividade e superar o efeito dos períodos secos. Qualquer que seja a fonte, a avaliação da água utilizada na irrigação das culturas é indispensável e de importância fundamental (MATTOS, 2003).

Por meio de irrigação, pode-se intensificar a produção agrícola, regularizando, ao longo do ano, as disponibilidades e os estoques de cultivares, uma vez que esta prática permite uma produção na contra-estação. Além disso, a agricultura irrigada reduz as incertezas, prevenindo o irrigante contra a irregularidade das chuvas anuais (BERNARDI, 2003).

De acordo com a Figura 1, nota-se que o maior consumo de água se dá na agricultura, mais especificamente na irrigação. Com as recentes notícias, na maioria das vezes alarmantes com relação a escassez cada vez mais acentuada de água de boa qualidade, até mesmo na zona rural, fica evidente a necessidade de se voltar maior atenção à água na agricultura não só aos aspectos quantitativos, mas também qualitativos.



**Figura 1** – Consumo de água no mundo (PATEMIANI e PINTO, 2001).

É necessária a aplicação artificial de água às culturas para melhorar o seu desenvolvimento, quando o volume desse recurso natural não for suprido naturalmente por meio de chuvas.

Embora a expansão global da área cultivada não tenha aumentado muito nas últimas décadas, a intensificação das atividades agrícolas foi muito rápida, com aumentos significativos de produção em razão do desenvolvimento tecnológico que promoveu maior produção por hectare. Evidentemente, há relação direta entre a água e a economia agrícola, tanto da economia de pequeno porte e produção de subsistência quanto dos agroecossistemas de grande produção. A intensificação da produção resultou em uso da irrigação em larga escala, tendo como resultado a retirada de 70% da água disponível. Somente 30% - 60% da água utilizada para irrigação retorna a jusante, tornando a irrigação o maior usuário da água doce globalmente. A área irrigada cresceu 72% entre 1966 e 1996 (TUNDISI, 2003).

#### **4.3 Qualidade da Água para Irrigação**

Segundo Ayers e Westcot (1991), o conceito de qualidade da água refere-se às suas características que podem afetar sua adaptabilidade para uso específico; em outras palavras a relação entre a qualidade da água e as necessidades do usuário. Preferências



peçoais como o sabor, podem também constituir simples avaliação da qualidade da água para irrigação, leva-se em consideração, principalmente, as características químicas e físicas e poucas são às vezes em que outros fatores são considerados importantes.

Ainda segundo os autores, usos específicos podem ter diferentes requisitos de qualidade. Assim, uma água pode ser considerada de melhor qualidade, se produzir melhores resultados ou causar menos problemas.

Da área total de hortaliças irrigadas no Brasil, mais de 90% são realizadas por aspersão. Embora seja o método de irrigação mais utilizado, a aspersão não deve ser considerada ideal para todas as condições e capaz de atender a todos os interesses envolvidos (MAROUELLI, et. al., 2001). Em se tratando de irrigação de hortaliças, é preciso tomar cuidado com a qualidade da água empregada para a aspersão, devido à água ter contato direto com a cultura, podendo contaminá-la.

O tratamento sanitário de água para fins de irrigação é um processo dispendioso que, em geral, não é utilizado pelos agricultores. Entre os tipos de tratamento disponíveis, a cloração é uma alternativa relativamente simples, embora de custo elevado, que pode reduzir sensivelmente a pressão infectante de patógenos na água. O uso de lagoas de sedimentação e oxidação é outra opção para o tratamento de água para irrigação (MAROUELLI, et al., 2001).

Conforme Marouelli, et al. (2001), a água pode ainda estar contaminada por organismos fitopatogênicos e transmitir uma série de doenças às plantas, como a murcha - bacteriana em batata e tomate.

#### **4.3.1 Considerações Gerais**

Segundo Reichardt (1990), na prática de irrigação, a longo prazo, a qualidade da água é um dos fatores mais importantes. Pequenas quantidades de soluto podem, em projetos de irrigação mal elaborados, transformar lentamente uma área fértil em um solo salino de baixa produtividade. Quando o agricultor percebe o problema, muitas vezes é tarde demais, pois a recuperação de solos salinos ou salinizados é difícil, demorada e dispendiosa.

A qualidade desejável para a água usada na irrigação varia em função dos tipos de culturas onde será aplicada. Culturas alimentícias, por exemplo, exigem uma qualidade de água superior à de culturas não-alimentícias. O mesmo acontece com a água destinada às indústrias, cujas características dependem dos tipos de processamentos e produtos das fábricas (PATEMIANI e PINTO, 2001).

O grau de pureza de uma água é alterado devido a diversos componentes presentes na mesma, podendo ser retratados de maneira generalizada de acordo com suas características físicas, químicas e biológicas. Essas características podem ser traduzidas na forma de parâmetros de qualidade da água (BISCARO, 2003). A Tabela 2 apresenta as principais características físicas, químicas e biológicas da água.

**Tabela 2** - Principais características físicas, químicas e biológicas da água.

<b>Características</b>	<b>Parâmetros</b>
<b>Físicas</b>	Sólidos presentes na água. Podem ser em suspensão, coloidais ou dissolvidos, dependendo do seu tamanho.
<b>Químicas</b>	Matéria orgânica ou inorgânica.
<b>Biológicas</b>	Seres vivos ou mortos presentes na água. Dos seres vivos, tem-se os pertencentes aos reinos animal e vegetal, além dos protistas.

*Fonte:* Von Sperling (1996).

Numa primeira análise pode parecer que a água utilizada para irrigação pode ter uma qualidade física, química e biológica pior do que aquela a ser usada para abastecimento público. Essa concepção permaneceu por um longo tempo em que a preocupação da qualidade da água para irrigação se restringia a parâmetros que pudessem afetar o bom desenvolvimento da cultura irrigada ou o solo, tais como: cloretos, sódio, boro e bicarbonatos em concentrações consideradas tóxicas para cada cultura, ou níveis de salinidade que pudessem alterar negativamente a estrutura do solo (PATEMIANI e PINTO, 2001).

Na verdade são vários os fatores que determinam a qualidade da água para irrigação. No entanto, alguns fatores são considerados mais importantes do que outros, em função de seus efeitos no solo e na planta (PATEMIANI e PINTO, 2001).

Segundo Bernardo (1995), quanto ao aspecto sanitário, há três casos a considerar: a contaminação do irrigante durante a condução da irrigação, a contaminação da

comunidade ao redor do projeto de irrigação e a contaminação dos usuários dos produtos irrigados. Nos dois primeiros casos, a principal doença é a esquistossomose, cuja contaminação se dá por meio de contato direto do irrigante com a água de irrigação, e no terceiro, há as verminoses, de modo geral, cuja contaminação se dá por meio do consumo dos hortifrutigranjeiros contaminados pela água de irrigação.

Com difusão da irrigação localizada, outros parâmetros foram introduzidos na análise da qualidade da água com a preocupação de evitar ou minimizar a obstrução dos gotejadores e emissores empregados neste método de irrigação que na grande maioria das vezes possuem orifícios de pequenas dimensões e a obstrução, mesmo que parcial, de um dos gotejadores de uma linha de irrigação pode comprometer significativamente a uniformidade de distribuição de água às culturas (PATEMIANI e PINTO, 2001).

Segundo Andrade (1998), o desempenho e a vida útil de um sistema de irrigação por gotejamento estão intimamente ligados à qualidade da água que se bombeia para dentro da tubulação. Na Tabela 3 verificam-se os fatores que influenciam o entupimento em sistemas de microirrigação.

**Tabela 3** - Fatores que influenciam o entupimento em sistemas de microirrigação:

Fatores	Desprezível	Moderado	Severo
<b>Físico:</b> Sólidos em suspensão em mg L <sup>-1</sup>	<50	50 a 100	>100
<b>Químicos:</b>			
pH	<7,0	7,0 a 8,0	>8,0
Sólidos dissolvidos (mg L <sup>-1</sup> )	<500	500 a 2000	>2000
Manganês (mg L <sup>-1</sup> )	<0,1	0,1 a 1,5	>1,5
Ferro total (mg L <sup>-1</sup> )	<0,2	0,2 a 1,5	>1,5
<b>Biológico:</b> número de bactérias (número mL <sup>-1</sup> )	<10000	10000 a 50000	>50000

Fonte: Andrade (1998).

#### 4.3.2 Parâmetros Físico – Químicos

Permitem a identificação de condições ácidas ou alcalinas (pH), temperatura, cor, turbidez, teor salino (condutividade, sólidos totais dissolvidos), capacidade

de tamponamento, isto é, resistência a mudanças no pH (alcalinidade, dureza), presença de nutrientes (nitrogênio, fósforo), oxigênio dissolvido, matéria orgânica (demanda química e bioquímica de oxigênio), metais pesados e outros (VON SPERLING, 1997).

### **Temperatura**

Segundo Patemiani e Pinto (2001), a temperatura é a medida da quantidade de calor de um sistema. Através da absorção e espalhamento da luz solar na água, a energia dessa radiação diminui, transformando-se em calor. Este processo é influenciado pela estrutura molecular da água, pela presença de partículas em suspensão e, especialmente, por compostos orgânicos dissolvidos. Essas propriedades óticas são dinâmicas, mudando sazonalmente e de forma distinta para os ecossistemas das águas interiores.

A temperatura atua em muitos equilíbrios físicos e químicos, sendo um importante fator ecológico, tanto pela influência direta que pode exercer sobre os vários tipos de organismos como pela relação existente entre a mesma e o teor de gases dissolvidos. Assim, as variações de temperatura influenciam as concentrações de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> da água, o teor de carbonato e os valores de pH (PATEMIANI e PINTO, 2001).

### **Turbidez**

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (e esta redução se dá por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca), devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas e bactérias, plâncton em geral, etc. A erosão das margens dos rios em estações chuvosas é um exemplo de fenômeno que resulta em aumento da turbidez das águas e que exigem manobras operacionais, como alterações nas dosagens de coagulantes e auxiliares, nas estações de tratamento de águas. A erosão pode decorrer do mau uso do solo em que se impede a fixação da vegetação (CETESB, 2005).

A turbidez é um dos parâmetros de controle de qualidade da água mais usados em sistemas de tratamento de água devido a sua rápida e fácil determinação com resultados bastante confiáveis e precisos (PATEMIANI e PINTO, 2001).

De acordo com os referidos autores, na irrigação localizada pode ser um parâmetro comprometedor, uma vez que indica a concentração de partículas sólidas em suspensão que podem obstruir os gotejadores, além de diminuir a eficiência de processos de desinfecção. A turbidez da água é normalmente reduzida através da filtração.

## **Cor**

A cor da água pode ser classificada como verdadeira, (quando é devida à matéria orgânica), e aparente, (quando da presença de materiais em suspensão). Na maioria dos casos, observa-se nas águas naturais a cor aparente. Um bom exemplo é a cor marrom das águas que drenam material humificado, havendo inclusive uma correlação positiva entre este tipo de coloração e a concentração de carbono orgânico dissolvido. Colorações azul-esverdeadas, marrons e vermelhas podem ser observadas conforme a densidade populacional de algas e bactérias, podendo ser um indício do fenômeno de eutroficação (PATEMIANI E PINTO, 2001).

A cor aparente pode ser reduzida através de processos físicos como filtração, porém a cor verdadeira é mais difícil de ser removida e requer tratamento mais complexo com coagulação química e osmose reversa.

## **Sólidos totais**

Este parâmetro refere-se à quantidade de material que está presente na água. Os sólidos totais podem ser subdivididos em sólidos dissolvidos (não filtráveis) e sólidos em suspensão (filtráveis) (PATEMIANI e PINTO, 2001).

Segundo os autores, este parâmetro torna-se muito importante quando se emprega métodos de irrigação localizada, seja por gotejamento ou microaspersores. Esses emissores são extremamente sensíveis à presença de partículas sólidas presentes na água e obstruem-se facilmente comprometendo a uniformidade de distribuição de água às plantas.

## **pH**

Conforme Patemiani e Pinto (2001), o potencial hidrogeniônico (pH) é uma medida importante na análise de água para irrigação por estar intimamente relacionado com a concentração de outras substâncias presentes na água. Assim, por exemplo, uma água que apresenta pH acima de 8,3 contém altas concentrações de sódio, carbonatos e bicarbonatos, podendo tornar-se inadequada para irrigação. A concentração elevada desses íons na água, com a sua aplicação no solo, haverá influência no processo de intercâmbio de cátions da superfície da fase sólida do solo em direção a solução do solo e vice-versa.

As águas de irrigação com pH inferior a 7 tornam-se corrosivas, enquanto valores de pH acima de 7 favorecem a incrustação de materiais nas tubulações e equipamentos de irrigação. Assim, nesses casos, a fim de verificar melhor o efeito corrosivo e incrustante da água, outros fatores além do pH devem ser considerados (oxigênio dissolvido, gás sulfídrico, sólidos totais dissolvidos, cloretos, ferro, dureza total, etc.).

Os valores de pH da água de irrigação estão normalmente entre 6,5 e 8,4 (AYERS, 1977, citado em PATEMIANI E PINTO, 2001). Valores fora desses limites indicam que pode haver problemas na qualidade da água, recomendando-se uma análise mais detalhada dos parâmetros que definem sua qualidade.

## **Condutividade elétrica**

A Condutividade elétrica é a propriedade expressa pela quantidade de eletricidade transferida através de uma área unitária, num gradiente de potencial definido, num intervalo de tempo definido.

É uma propriedade intrínseca de cada material e, no caso de sistemas líquidos depende do número de cargas de íons dissolvidos.

A Condutividade Elétrica de uma solução é um fenômeno cumulativo, sendo resultado da somatória das condutividades dos diferentes íons (CONTE e LEOPOLDO, 2001).

## **Nitrato e Nitrito**

A origem de excessos de nitrogênio na água está normalmente associada a despejos domésticos e industriais, excrementos de animais e uso de fertilizantes. Devido a este último fator sua importância na agricultura irrigada tem tido atenção intensificada, principalmente devido a difusão das técnicas de fertirrigação. A presença de nitrogênio, na forma de nitrato, em excesso na água pode trazer problemas graves de saúde à população como a metahemoglobinemia, doença que pode causar morte em crianças (PATEMIANI e PINTO, 2001).

Esta doença ocorre porque o nitrato se reduz a nitrito na corrente sanguínea, competindo com o oxigênio livre. Por isso, o nitrato é padrão de potabilidade, sendo  $10 \text{ mg L}^{-1}$  o valor máximo permitido (CETESB, 2005).

## **Ferro**

O ferro é um elemento considerado micronutrientes em relação às plantas e necessários para o metabolismo animal, em concentrações elevadas pode se tornar tóxico (ESTEVES, 1988).

Geralmente está presente na água de forma insolúvel, o ferro pode precipitar na presença de oxigênio dissolvido convertendo-se em forte contribuinte para a obstrução de gotejadores (VON SPERLING, 1996).

## **Oxigênio Dissolvido**

Segundo Patemiani e Pinto (2001), por ser um elemento essencial a vida aquática e também a microorganismos aeróbicos que utilizam-no na degradação de matéria orgânica, a concentração de Oxigênio Dissolvido na água têm estreita relação com a contaminação por matéria orgânica.

### **4.3.3 Parâmetros Biológicos**

#### **Coliformes**

Segundo Branco (1986), o grupo de bactérias coliformes é encontrado no intestino de animais de sangue quente (homem, porco, cão, vaca,...), onde vivem saprofiticamente, não causando em geral, nenhum dano ao hospedeiro. Cada pessoa descarta de 100 a 400 bilhões de organismos coliformes por dia, além de outras bactérias. Tais organismos nem sempre são patogênicos, mais indicam uma possível contaminação e a potencialidade de transmissão de doenças.

Esse parâmetro de controle de qualidade da água para irrigação tem merecido grande atenção nos últimos tempos devido à difusão das técnicas de reuso de água residuárias para irrigação. Embora o reuso da água venha a contribuir para a economia desse escasso recurso natural, deve-se tomar cuidado com relação a contaminações por organismos patogênicos, pois mesmo após a colheita alguns microorganismos sobrevivem nos frutos e hortaliças por várias semanas podendo contaminar seus consumidores (PATEMIANI e PINTO, 2001).

Em trabalho realizado por Paula Jr. (1994), onde foram analisadas 20 propriedades produtoras de hortaliças, as concentrações de coliformes fecais estavam acima do permitido, de acordo com a Resolução CONAMA 20/86 onde não era permitida presença de coliformes, indicando que as águas receberam carga de esgoto doméstico.

Entretanto a Resolução do CONAMA nº 20/86 foi revogada e substituída pela Resolução CONAMA nº 357/05 que estabelece alguns valores para estas variáveis, permitindo assim a presença de coliformes em corpos d'água utilizados para irrigação de hortaliças consumidas cruas.

### **4.4 Saneamento**

A fragilidade dos sistemas públicos de saneamento materializa-se na ausência de redes coletoras de esgotos e principalmente, na qualidade da água distribuída à



população, quando os sistemas de abastecimento se fazem presentes. A conjunção desses fatores concorre, para a manutenção dos índices de mortalidade infantil no Brasil entre os mais elevados do continente.

O interesse pelas relações entre o saneamento e a saúde vem sendo despertado em alguns militantes do setor do saneamento no Brasil, a partir, sobretudo de meados da década de 1980. Na Tabela 4, tem-se os serviços de saneamento por classe de renda.

A produção de esgoto sanitário ocorre em 41,8 milhões de domicílios brasileiros; desse total, 31,4 milhões produzem esgoto de forma mais intensiva, por serem atendidos por sistemas de abastecimento de água; são “mini-fábricas” de esgoto sanitário, por utilizarem a água fornecida pelas redes de abastecimento. Dessas “mini-fábricas”, 12,8 milhões despejam diariamente o esgoto sanitário a céu aberto ou em fossas sépticas, que apresentam elevado potencial de contaminação do solo, do lençol freático e dos mananciais superficiais. Na Tabela 5, pode-se observar o déficit do setor de saneamento por região brasileira.

**Tabela 4** – Acesso aos serviços de saneamento por classe de renda da população.

<b>Classe de renda em salários mínimos</b>	<b>Domicílios sem água canalizada (%)</b>	<b>Domicílios sem ligação à rede de esgoto ou fossa séptica (%)</b>
<b>0 a 1</b>	33	59
<b>1 a 2</b>	38	56
<b>2 a 3</b>	12	40
<b>3 a 5</b>	5	28
<b>5 a 10</b>	3	20
<b>10 a 20</b>	1	12
<b>Mais de 20</b>	1	9

*Fonte:* MPO/SEPURB/DESAN (1999); IBGE (2000) citado em Tundisi (2003).

As águas superficiais utilizadas para a irrigação de hortaliças, principalmente nos cinturões verdes dos centros urbanos, estão, em geral, severamente contaminadas por patógenos e por metais pesados, como o mercúrio, chumbo, etc.

Hortaliças principalmente as consumidas cruas, quando irrigadas por tais águas podem servir de veículo de transmissão de uma série de doenças aos consumidores,

como amebíase, giardíase, cólera, febre tifóide, verminoses, além do acúmulo de elementos nocivos em órgãos como o fígado. Algumas doenças como a esquistossomose, podem ser transmitidas por águas com índices relativamente baixos de contaminação fecal. Desta forma o controle sanitário das águas utilizadas para irrigação é de grande importância para a saúde pública.

A seguir são apresentados alguns dados de McGill University, CTHidro (2001), citado em Tundisi (2003), apresentando a água em números:

- Cerca de 70% do corpo humano consiste em água;
- Aproximadamente 34.000 pessoas morrem diariamente em consequência de doenças relacionadas com água;
- 65% das internações hospitalares no Brasil se devem a doenças de veiculação hídrica;
- Uma pessoa necessita de no mínimo cinco litros de água por dia para beber e cozinhar e 25 litros para higiene pessoal;
- Uma família média consome cerca de 350 litros de água por dia no Canadá, 20 litros na África, 165 litros na Europa e 200 litros no Brasil;
- As perdas de água na rede de distribuição no Brasil variam de 30% a 65% do total aduzido;
- Aproximadamente, 1,4 bilhão de litros de água são necessários para produzir um dia de papel para a imprensa mundial;
- 9.400 litros de água são necessários para produzir 4 pneus de carro;
- Abastecimento e saneamento adequados reduzem a mortalidade infantil em 50%;
- Uma pessoa sobrevive apenas uma semana sem água;
- Mulheres e crianças em muitos países em desenvolvimento viajam em média de 10 a 15 km todos os dias para obter água.

Outros autores também apresentam alguns valores relacionados com a qualidade da água utilizada pela população e o risco que ela apresenta para a de saúde pública:

- De acordo com Iacomini (1999), no mundo, 8 milhões de crianças morrem anualmente em decorrência de enfermidades relacionadas à falta de saneamento, o que significa 913 crianças por hora, 15 por minuto ou 1 a cada quatro segundos (IACOMINI, 1999).

- Segundo dados da ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE – OMS, cerca de 50% das internações, em leitos hospitalares em países subdesenvolvidos são decorrentes de doenças transmitidas pela água, boa parte das causas da mortalidade infantil também são decorrentes deste fato (KRIEGER, citado em CAMPOS, 1993).
- Conforme o BNDS (1998), 65% das internações hospitalares de crianças menores de 10 anos estão associadas à falta de saneamento básico (BNDES, 1998).

Paganini (1997), ressalta que se for constatada a contaminação por coliformes fecais na água, pode-se supor a presença de organismos patogênicos, que causam doenças como febre tifóide, febres entéricas e ainda infecções generalizadas com acesso à corrente sanguínea e a urina. Alguns organismos patogênicos podem infectar o homem a partir das fezes de outros animais, sendo de suma importância que este fator seja considerado como uma barreira sanitária específica.

Cabe ressaltar também, que os ovos ingeridos por um novo hospedeiro, liberam suas larvas no intestino delgado, que continuam seu ciclo normal para formar parasitos adultos (GALVAN & VICTORICA, citados em ZERBINI, 1999).

**Tabela 5** – Déficits do setor de saneamento por região brasileira.

Serviços	Déficit (%) <sup>1</sup>					
	Brasil <sup>1</sup>	Região Norte <sup>2</sup>	Região Nordeste <sup>2</sup>	Região Sudeste <sup>2</sup>	Região Sul <sup>2</sup>	Região Centro-Oeste <sup>2</sup>
<b>Água</b>	24,07	32,53	21,74	6,47	9,38	20,29
<b>Esgoto</b>	62,17	98,28	86,78	29,55	82,15	66,73

1. Com base nos dados do IBGE de 1997.

2. Com base no Censo de 1991 do IBGE.  
(Citado por Hespagnol, 1999)

#### 4.5 Aspectos Quantitativos e Qualitativos da Água

O uso de água para fins domésticos, industriais e agrícolas e para geração de energia, recreação e preservação ecológica vem aumentando a níveis preocupantes em escala mundial. A oferta de recursos hídricos em todas as regiões tem diminuído quantitativa e qualitativamente, com a demanda crescente pela pressão demográfica e

econômica das sociedades modernas. Porém, essa carência favorece a discussão sobre a necessidade urgente da utilização de águas de qualidade inferior, como as águas residuárias domésticas tratadas em um nível compatível com seu uso, em atividades menos exigentes em qualidade. Os atrativos do reuso planejado de efluentes domésticos despertam cada vez mais o interesse em países com escassez de água para abastecimento público.

O conceito de qualidade da água refere-se às suas características que podem afetar sua adaptabilidade para uso específico. A qualidade da água define-se por uma ou mais características físicas, químicas ou biológicas.

Mancuso et al. (1992) constataram que a água, cujo desperdício é prática comum, vem-se tornando um produto cada vez mais raro, enfatizando que, de toda água existente no planeta, apenas 6% ainda se prestam ao consumo humano. Segundo dados por eles citados, a necessidade mundial em 1950 era de  $1360 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$ , saltando, de forma assustadora, para  $4130 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$  nos anos 90. O maior responsável por esse consumo é a agricultura, com 69% do total, seguida pela indústria com 23% e pelos domésticos com 8%. Diante do preocupante quadro que se apresenta, organismos internacionais representados pela UNESCO, OMS e PNUMA, mantêm um programa de monitoramento da qualidade da água desde 1977, envolvendo 240 rios e 43 lagos de 59 países. Ressaltam que cerca de 10% do total dos cursos de água são considerados poluídos, restringindo, assim, a oferta desse recurso.

Segundo a Folha de São Paulo (1999), citado em Mattos (2003), entre 1970 e 1995, a quantidade de água disponível para cada habitante caiu 37%.

Ayers e 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.

As observações de Ayers e Westcot (1991) mostram que as preocupações e incertezas com relação ao futuro da qualidade e quantidade da água vêm se tornando um assunto cada vez mais discutido e destacado junto às autoridades responsáveis, seja em nível mundial, federal, ou mesmo regional, com a definição de normas que buscam a

preservação dos recursos disponíveis, tanto pela classe científica que procura soluções técnicas, como por outros setores da sociedade empenhados nos mesmos objetivos.

Toda essa movimentação fundamenta-se nos riscos que a própria humanidade poderá enfrentar, caso medidas sob diferentes aspectos, não venham a ser tomadas em tempo hábil.

De acordo com Produtor (1991), parte desta situação se deve também a falta de uma consciência ambiental, onde muitos e desnecessários desperdícios e degradações do bem em pauta poderiam ser evitados, contribuindo, e muito, para o aumento da disponibilidade. Como exemplo, citam-se aproximadamente, 30 mil agricultores irrigantes paulistas que absorvem cerca de 40% de toda água superficial existente no Estado, gastando, em média, de duas a três vezes mais do que seria necessário, revelando um desperdício que somente a cobrança pelo uso da água poderia racionalizar a operação.

Os irrigantes franceses, que já pagam pela quantidade de água usada, deverão pagar, dentro em breve, uma segunda taxa referente à qualidade da água que retorna ao meio após o seu uso (PRODUTOR, 1991).

No Estado de São Paulo, semelhante filosofia foi adotada pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos, que propõe a cobrança de taxas referentes à quantidade de água utilizada pelo consumidor e pela qualidade da mesma quando devolvida ao meio.

De acordo com ABEAS (1996), o gerenciamento de recursos hídricos teve grande impulso no Estado de São Paulo a partir de 1983, quando surgiram as idéias e proposições de criação de Diretorias de Bacias Hidrográficas, efetivadas em 1985, seguindo-se a implantação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos em 1987 e conseqüentemente em 1991 com a aprovação do Primeiro Plano Estadual de Recursos Hídricos. Como conseqüência houve a implantação dos Comitês de Bacias Hidrográficas, que contam com representações dos diferentes setores da comunidade.

Particularmente o Estado de São Paulo é dotado de uma produção hídrica satisfatória, onde, somente em termos de águas superficiais, se dispõe de uma vazão específica de cerca de  $12 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  (BARTH et al., 1987). Apesar dessa relativa abundância, o Estado não dispõe, pelo que se tem notícia, de água suficiente para implantar em sua totalidade o plano de irrigação que foi delineado para a produção agrícola de suas terras.

Envolvendo a política de administração de bacias, deve ser relatada aquela apresentada por Lanna (1995) que, em linhas gerais, trata-se de um documento conceitual e metodológico, representando um esforço do IBAMA (Instituto Brasileiro de Agricultura e Meio Ambiente) em subsidiar uma discussão sobre o gerenciamento de Bacias Hidrográficas, no momento em que iniciativas do setor público e privado buscam integrar o gerenciamento dos recursos hídricos ao contexto da gestão ambiental.

Diante dessa realidade, envolvendo possíveis comprometimentos de suprimentos de água em quantidades e qualidades adequadas às necessidades da população, ao lado de medidas previstas por órgãos governamentais elaboradas com intuito de superar essa situação, torna-se claro que os usuários de água terão que, obrigatoriamente, se enquadrar nas normas gerais de seu uso e manejo.

Pode ser encontrado em Conte (1992 e 1999) e Amorim (1999), entre outros, uma série de medidas passíveis de serem implantadas visando-se à preservação dos recursos hídricos, desenvolvendo ou oferecendo as mais diferentes alternativas possíveis de serem aplicadas no processo de preservação desses recursos, não só para situações específicas, como também em sentido mais amplo.

#### **4.6 Aspectos de Saúde Pública**

Segundo Briscoe (1987), em meados da década de 1970 predominava a visão de que avanços nas áreas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário nos países em desenvolvimento resultariam na redução das taxas de mortalidade.

No final da década de 1970, foram iniciados esforços no sentido de estudar as doenças infecciosas, sob o enfoque das estratégias mais adequadas para seu controle. Nessa visão, as doenças são classificadas tendo por base suas vias de transmissão e seu ciclo, distintamente da classificação biológica clássica, que agrupa as doenças segundo agente: vírus, bactéria, protozoário ou helminto (FEACHEM et al., 1983)

Heller (2000), afirma que os maiores problemas sanitários que afetam a população mundial têm profunda relação com o meio ambiente. Como exemplo típico desta

afirmação vale mencionar as diarreias, que, com mais de 4 bilhões de casos por ano, é a doença que mais aflige, atualmente, a humanidade.

São várias as causas que contribuem para tão alta incidência, porém é inegável que as condições do meio ambiente, assim como as do saneamento do meio estão entre as variáveis mais importantes.

A ausência de instrumentos de planejamento relacionada à saúde pública constitui importante lacuna em programas governamentais no campo do saneamento no Brasil. Essa limitação tem sido objeto de reconhecimento por parte de técnicos (CYNAMON, 1986; FREITAS et al., 1990; ROMANE, 1993) e do próprio poder público.

O reconhecimento da importância do saneamento e de sua associação com a saúde do Homem remonta às mais antigas culturas. Ruínas de uma grande civilização, que se desenvolveu ao norte da Índia há cerca de 4000 anos atrás, indicam evidências de hábitos sanitários, incluindo a presença de banheiros e de esgotos nas construções, além de drenagem nas ruas (ROSEN, 1994). É igualmente de grande significado histórico a visão de saneamento de outros povos, como registro da preocupação com o escoamento da água no Egito, os grandes aquedutos e os cuidados com o destino dos dejetos na cultura creto-micênica e as noções de engenharia sanitária dos quíchuas (ROSEN, 1994).

Conforme Cairncross e Feachem (1990), a classificação ambiental das infecções relacionadas com a água, origina-se da compreensão dos mecanismos de transmissão, que se agrupam em quatro categorias:

- Transmissão hídrica: ocorre quando o patogênico encontra-se na água que é ingerida;
- Transmissão relacionada com a higiene: identificada como aquela que pode ser interrompida pela implantação de higiene pessoal e doméstica;
- Transmissão baseada na água: caracterizada quando o patogênico desenvolve parte de seu ciclo vital em um animal aquático;
- Transmissão por um inseto vetor: na qual insetos, que procriam na água ou cuja picadura ocorre próximo a ela, são os transmissores.

Distintamente dos agentes químicos, alguns patogênicos são aptos a se reproduzir nos alimentos e nas bebidas, elevando os riscos de infecção. Com isso, torna-se difícil determinar o número de microrganismos viáveis capazes de produzir algum tipo de

infecção. A Academia Nacional de Ciência (NAS) dos Estados Unidos reportou, em 1977, infecções sucedidas com concentrações entre 10<sup>3</sup> e 10<sup>9</sup> patogênicos por indivíduo, amplitude justificada por fatores como o estado geral de saúde do indivíduo e o tempo de exposição (DEZUANE, 1997). Todavia, a sobrevivência dos microrganismos no ambiente, a temperatura da água e a presença de partículas suspensas e coloidais também são fatores significativos para a prevalência das doenças de veiculação hídrica.

A perspectiva de transmissão de doenças de veiculação hídrica relaciona-se, em sua maior relevância, com as características físicas, químicas e biológicas das águas naturais e, secundariamente, com o estado geral da saúde, idade e condições de higiene da população exposta. A poluição e a conseqüente alteração das características das águas naturais decorrem de causas naturais e, principalmente, das atividades antrópicas de cunho urbano, industrial e agrícola.

Podem ser arrolados como causas naturais das alterações nas características das águas o clima, a topografia e a geologia do terreno, a intrusão de água do mar nas regiões costeiras, a presença de nutrientes, os incêndios e as estratificações térmicas em lagos e reservatórios. Dentre as mesmas, merecem destaque à frequência e a intensidade das precipitações. Os períodos de estiagem favorecem a estagnação da água nos lagos e reservatórios e o florescimento algas, e, adicionalmente, as ocorrências de incêndios maximizam a erosão da bacia hidrográfica. Em contrapartida, os períodos chuvosos acarretam a ressuspensão do material sedimentado no fundo dos lagos e rios e a conseqüente elevação das concentrações de partículas e, a elas associados, de cistos de *Giardia* e de oocistos de *Cryptosporidium* (HRONCICH, 1999).

Contudo, apenas a partir da Década Internacional do Abastecimento de Água e do Esgotamento Sanitário, declarada pela Organização das Nações Unidas como o período 1981-1990, foi que se construiu uma compreensão mais aprofundada da relação entre condições sanitárias e saúde (HUTTLY, 1990).

Com essa motivação, estudos foram desenvolvidos a partir do início da década de 1980, buscando formular mais rigorosamente os mecanismos responsáveis pelo comprometimento das condições de saúde da população, na ausência de condições adequadas de saneamento.



A escolha de uma variável ou de um indicador, que reflita o estado de saúde de um grupo populacional, deve conciliar o compromisso entre a necessidade de efetivamente expressar a condição de saúde coletiva, por um lado, e a sua adequação à pesquisa em questão, por outro (PEREIRA, 1995).

Briscoe et al. (1986), afirmam que o emprego do indicador “morbidades por enfermidades diarréicas” tem sido referendado por trabalhos, que estabelecem roteiros metodológicos para os estudos de impacto de saneamento. A adoção dessa variável tem sido defendida em função de:

- Sua importância sobre a saúde pública;
- A validade e a confiabilidade dos instrumentos empregados na sua determinação;
- A sua capacidade de resposta a alterações nas condições de saneamento;
- O custo e a exequibilidade demonstrados na sua determinação.

As novas tendências internacionais de regulamentação dos padrões de potabilidade das águas de consumo humano indicam uma preocupação crescente com a presença de novos contaminantes orgânicos e inorgânicos, bem como com a introdução de vários subprodutos do próprio processo de tratamento.

Os microrganismos presentes nas águas naturais são, em sua maioria, inofensivos a saúde humana. Porém, devido à contaminação por esgoto sanitário, estão presentes microrganismos que poderão ser prejudiciais à saúde humana. Os microrganismos patogênicos incluem vírus, bactérias, protozoários e helmintos.

#### **4.7 Doenças Relacionadas à Qualidade de Água**

A questão da qualidade das águas ganha evidência no cenário atual com o aumento dos problemas decorrentes da ausência de gestão dos recursos hídricos, principalmente no que diz respeito a doenças de veiculação hídrica. A Tabela 6 mostra as principais doenças relacionadas à veiculação hídrica em escala mundial.

**Tabela 6** – Principais doenças de veiculação hídrica em escalas mundial e comparativa.

<b>Doenças humanas transmitidas por veiculação hídrica</b>		
<b>Doenças</b>	<b>Agentes infecciosos</b>	<b>Tipos de organismos</b>
Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>	Bactéria
Disenteria	<i>Shigella dysintariae</i>	Bactéria
Enterite	<i>Clostridium perfringes</i> e outra bactéria	Bactéria
Febre tifóide	<i>Salmonella typhi</i>	Bactéria
Hepatite infecciosa	Hepatite, <i>Vírus A</i>	Vírus
Poliomelite	<i>Polivírus</i>	Vírus
Criptosporidiose	<i>Cryptosp.oidum</i>	Protozoário
Disenteria amebiana	<i>Entamoeba lytolitica</i>	Protozoário
Esquistossomose	<i>Schistosoma</i> sp.	Verme
Ancilostomíase	<i>Ancylostoma</i> sp.	Verme
Malária	<i>Anopheles</i> sp.	Protozoário
Febre amarela	<i>Aedes</i> sp.	Vírus
Dengue	<i>Aedes</i> sp.	Vírus

Fonte: Raven et al. (1998).

O Brasil apresenta grande potencial em recursos hídricos superficiais e subterrâneos, distribuídos de forma não equitativa no seu território, caracterizando áreas de grande disponibilidade e escassez. Essa dicotomia impulsionou o desenvolvimento de estudos quantitativos dos recursos hídricos, produzindo informações e ferramentas que auxiliam na gestão quanto à disponibilidade quantitativa das águas. O mesmo não ocorreu com o aspecto qualitativo das águas.

Apesar da existência de Normatizações de qualidade que estabelecem a classificação das águas e Portarias que atribuem critérios de potabilidade, essas normas não são observadas com frequência, pois a maioria dos rios não possui enquadramento de suas águas nem redes de monitoramento da qualidade, devido à grande extensão territorial e ao elevado custo que representa a obtenção das informações necessárias à sua aplicação.

As moléstias relacionadas à água se dividem em quatro grupos que dependem de como ocorre a transmissão. As doenças de veiculação hídrica, propriamente dita, constituem o grupo no qual o agente patogênico é ingerido junto com a água.

Relacionam-se também com a água as doenças passíveis de serem transmitidas durante as atividades de higiene pessoal, no contado com a água contaminada, e as moléstias cujo vetor apresenta parte de seu ciclo desenvolvido no ambiente aquático.

A sobrevivência dos microrganismos no ambiente, a temperatura da água e a presença de partículas suspensas e coloidais também são fatores significativos para a prevalência das doenças de veiculação hídrica. Observa-se na Tabela 7, as fontes de origem e o tempo de sobrevivência em dias, dos patogênicos no solo e nas superfícies das plantas.

Existem várias doenças que são transmitidas pela água, dentre elas as principais são:

- Febre tifóide e paratifóide
- Disenteria bacilar e amebiana
- Cólera
- Giárdias
- Hepatite A e B
- Poliomielite

**Tabela 7** – Fontes de origem e tempo de sobrevivência dos organismos patogênicos no solo e nas superfícies das plantas.

Organismos	Fontes de origem	Tempo de sobrevivência (dias)	
		Solo	Planta
<b>Bactéria</b>	Humana e animal, água e comida contaminada	60-365	30-180
<b>Vírus</b>	Humana e animal, água poluída e comida contaminada	90-365	30-60
<b>Protozoários<sup>a</sup></b>	Humana e animal, esgoto, vegetação deteriorada e água	2-10	2-5
<b>Helmintos<sup>b</sup></b>	Humana e animal, esgoto, comida e água contaminada	730-2555	30-150

*Fonte:* Adaptado da WEP (1996), GELDREICH (1996), e U.S.EPA (1999b), citados em Mattos (2003).

<sup>a</sup> O tempo de sobrevivência refere-se aos cistos de protozoários (cistos de *Giardia* e oocistos de protozoários)

<sup>b</sup> O tempo de sobrevivência refere-se aos ovos de helmintos

As rotas são o caminho de transmissão dos reservatórios de patogênicos para o ser humano. Os reservatórios podem ser primários, tais como as fezes humanas ou de animais contaminados, ou secundário, tais como o esgoto bruto ou tratado. Os

vetores, que são agentes que transmitem patogênicos de um organismo para outro, juntamente com os reservatórios, são freqüentemente referidos como veículos transmissores. As rotas de infecção podem ser por contato direto, indireto e acidental, conforme apresentado na Tabela 8. O conhecimento das rotas e dos meios de transmissão é de fundamental importância para se tomar medidas preventivas (MATTOS, 2003).

**Tabela 8**– Rotas de transmissão de patogênicos.

<b>Contato direto</b> (ingestão) <sup>a</sup>	Comida, bebida ou ingestão acidental dos organismos patogênicos (por exemplo: Hepatite A)
<b>Contato direto</b> (inalação)	Respiração de aerossóis ou de mistura contendo microrganismos patogênicos (por exemplo: um simples resfriado)
<b>Contato acidental</b> (contato com a pele)	Entrada dos microrganismos patogênicos pelo contato com a pele (por exemplo: o tétano)

*Fonte:* Adaptado da WATER ENVIROMENT FEDERETION (1996), citado em Mattos (2003).

<sup>a</sup> a ingestão é geralmente a maior rota de transmissão de patogênicos

Para cada finalidade de utilização é necessário que a água empregada esteja devidamente dentro dos padrões de qualidade da água recomendada pelo CONAMA, por estas poderem ser veículo de transmissão de doenças para a população.

Assim, a maior preocupação deve estar sempre voltada à preservação da qualidade desses recursos, devido principalmente o Brasil, ou mesmo o Estado de São Paulo, serem dotados de significativos recursos naturais quando comparados a outras regiões do globo.

## **5. MATERIAL E MÉTODOS**

O procedimento metodológico consistiu na elaboração e aplicação de um questionário de forma a se obter um cadastro do produtor com informações sobre área irrigada, hortaliças cultivadas, fonte de água, sistema de irrigação, etc, como pode ser observado na Figura 2.

<b>UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA</b>  Faculdade de Ciências Agrônomicas Departamento de Engenharia Rural – Campus de Botucatu  <b>Entrevista com Produtores</b>	
DATA:	
Produtor:	Tel:
<b>Propriedade</b> Nome:	
Local:	Arrendada ( ) Própria ( )
Culturas:	
Fonte de água:	
Tratamento:	
Sistema de irrigação:	
Local de venda:	
Área/Produção:	
Fonte de renda:	
Obs:	

**Figura 2** – Esquema do questionário aplicado aos produtores.

Foram entrevistados os produtores que vendem hortaliças nas feiras livres de Botucatu. Na Figura 3 pode-se observar uma foto de entrevista com um dos produtores.

A coleta de informações e de amostras de água foi realizada durante o período de agosto a dezembro de 2004. Sendo que as entrevistas foram feitas do final de agosto a setembro e as coletas de água em outubro, novembro e dezembro do mesmo ano.



**Figura 3** – Foto de entrevista com os produtores.

Foram coletadas três amostras de água por localidade utilizando frascos esterilizados de 100 mL para coliformes e outro frasco de 1 litro para as demais amostras, as variáveis analisadas foram: pH, CE, Ferro, OD, Nitrato, Nitrito, Sólidos, Coliformes totais e fecais, cor e turbidez. As temperaturas do ar e da água foram medidas na hora da coleta. Pode-se observar na Figura 4 a coleta das amostras de água em duas das propriedades.

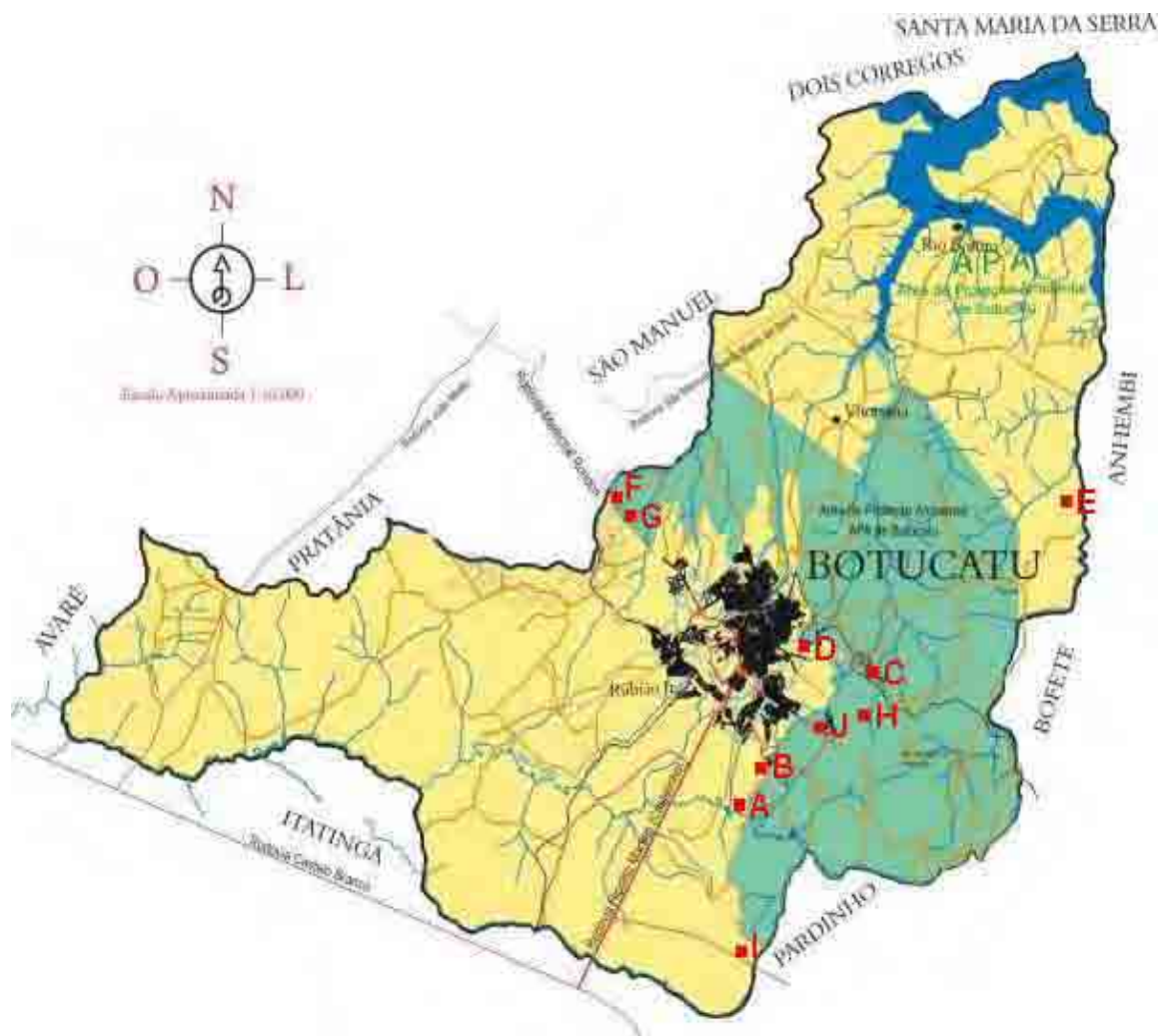
As análises de água foram realizadas no Laboratório de Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Rural da FCA/UNESP – Botucatu.



**Figura 4** – Fotos de coletas de amostras de água.

Todos os produtores foram separados conforme a localidade da propriedade e depois escolhidos ao acaso, até preencher dez produtores um de cada uma das localidades conforme ilustrado na Figura 5.





- |                                       |                                   |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| A: Estrada Captação de água da Sabesp | F: São Manuel                     |
| B: Colônia Santa Marina               | G: São Manuel                     |
| C: Usina Indiana                      | H: Rodovia Marechal Rondon km 241 |
| D: Pátio 8                            | I: Pardinho                       |
| E: Piapara                            | J: Aracatu                        |

**Figura 5** – Mapa de localização dos produtores onde foram coletadas as amostras de água.

Os resultados foram comparados, principalmente, com os valores estabelecidos pela Resolução do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) N° 357, de 17 de março de 2005, para águas de Classe 1, que são destinadas à irrigação de hortaliças consumidas cruas. Os valores dados pela Resolução podem ser observados na Tabela 9.

**Tabela 9** - Valores para águas de Classe 1 segundo Resolução n° 357/05 do CONAMA.

<b>Parâmetros</b>	<b>Valores</b>
<b>pH</b>	6,0 a 9,0
<b>Ferro</b>	0,3 mg L <sup>-1</sup>
<b>OD</b>	Não inferior a 6 mg L <sup>-1</sup>
<b>Nitrato</b>	10 mg L <sup>-1</sup>
<b>Nitrito</b>	1,0 mg L <sup>-1</sup>
<b>Sólidos</b>	500 mg L <sup>-1</sup>
<b>Coliformes totais</b>	-
<b>Coliformes Termotolerantes</b>	200 coliformes termotolerantes (NMP)
<b>Turbidez</b>	Até 40 unidades nefelométrica (UNT)
<b>Cor</b>	Nível de cor natural do corpo de água em mg Pt L <sup>-1</sup>

Como a Resolução do CONAMA n° 357/05 não estabelece valores limites para a Condutividade Elétrica e para a Cor, essas variáveis foram confrontadas com valores sugeridos pela CETESB e pela OMS (Organização Mundial da Saúde) respectivamente.

### **5.1 Metodologias Utilizadas para a Avaliação das Variáveis.**

A Resolução n° 357/05 do CONAMA (BRASIL, 2005), demonstra que os padrões para avaliação de qualidade da água estão mudando para atender um maior número de corpos d'água, visto que a Resolução n°20 de 1986 exigia que as águas para irrigação de hortaliças consumidas cruas e sem remoção de película (Classe 1) não deveriam apresentar coliformes termotolerantes (fecais) e totais, hoje, com a Resolução n°357 de 2005, alguns valores para estas variáveis são aceitos.

## **pH**

A metodologia utilizada para determinação do pH foi o potenciométrico, utilizando-se de Medidor de pH, modelo DMPH-2, da Digimed, com leitura direta.

## **Condutividade elétrica**

O instrumento utilizado na determinação da Condutividade Elétrica foi o Condutivímetro Digital, modelo DM-31 da Digimed.

O Condutivímetro Digital, modelo DM-31 da Digimed, é um equipamento ideal para diversas aplicações, por sua versatilidade de funções e simplicidade de operações. Possui menus auto-explicativos que mantêm diálogo com o usuário, permitindo que se interaja na rotina do programa conforme as características do sistema a ser analisado.

## **Nitrato, Nitrito e Ferro.**

Foram determinados com o uso do espectrofotômetro, modelo DR/2010 – HACH, utilizando metodologia descrita no manual do aparelho de acordo com o “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, APHA (1995) conforme se segue:

- Nitrato: Método 8039 (Cadmium Reduction Method), na faixa entre 0 a 30,0 mg L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub>.
- Nitrito: Método 8507 (Diazotization Method), na faixa entre 0 a 0,300 mg L<sup>-1</sup> de NO<sub>2</sub>.
- Ferro: Método 8008 (FerroVer Method), abrangendo a faixa de 0 a 3,00 mg L<sup>-1</sup> de ferro.

### **Oxigênio Dissolvido (OD)**

Para a análise do Oxigênio Dissolvido em água, foi utilizado o Método de Winkler modificado pela adição de azida sódica na amostra, em que o iodo desprendido, como resultado das reações que quimicamente ligam o oxigênio dissolvido na água, é medido quantitativamente com o tiosulfato de sódio por titulação.

### **Sólidos Totais**

A determinação de sólidos efetuada no Laboratório de Recursos Hídricos/FCA/UNESP – Botucatu foi feita de acordo com Silva (1977), onde a amostra é aquecida para evaporação da água, resfriada e pesada. Com a diferença de peso determina-se os sólidos totais em  $\text{mg L}^{-1}$ .

### **Coliformes**

As bactérias do Grupo Coliformes indicam a possibilidade de contaminação de um corpo de água por bactérias patogênicas.

Coliformes totais e fecais – Determinados no Laboratório de Recursos Hídricos do Depto. de Engenharia Rural/FCA-UNESP-Botucatu, com o emprego do Método cromogênico com a utilização de reagente Colilert e cartelas próprias (APHA, 1995).

### **Cor**

A medida da cor de uma água é feita pela comparação com soluções conhecidas de platina-cobalto ou com discos de vidro corados calibrados com a solução de platina-cobalto. Uma unidade de cor corresponde àquela produzida por  $1\text{mg L}^{-1}$  de platina, na forma de íon cloroplatinado. O aparelho utilizado para determinação da cor, foi o Aquatester.

## **Turbidez**

A Turbidez de uma amostra é a presença de material em suspensão, o qual possui a propriedade de refletir a luz incidente. Assim, a quantidade de luz refletida pelas partículas em suspensão é a turbidez.

A determinação da turbidez foi feita por leitura direta no espectrofotômetro modelo DR/ 2010 – HACH, utilizando a metodologia descrita no manual do aparelho, que expressa a medida da variável em Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT).

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

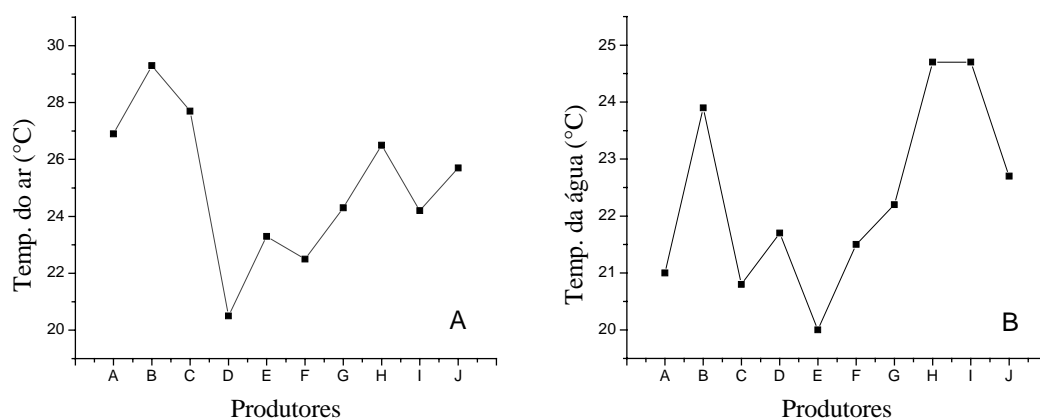
Salienta-se que os principais padrões para avaliar os resultados obtidos são os da Resolução do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) N° 357, de 17 de março de 2005, que estabelece os padrões para classificação dos corpos de água, apenas os resultados da Condutividade Elétrica e da cor, não foram avaliados por esta Legislação, a Condutividade Elétrica foi avaliada segundo valor sugerido pela CETESB e a cor foi verificada conforme a OMS (Organização Mundial da Saúde), para água potável devido a Resolução n° 357/05 do CONAMA não estipular um valor para classificação.

### **6.1 Temperatura do Ar e da Água**

De acordo com a CETESB (2005), a temperatura desempenha um papel principal de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de parâmetros físico-químicos.

A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais (indústrias canavieiras, por exemplo) e usinas termoelétricas (CETESB, 2005).

Na Figura 6, observa-se as médias das temperaturas do ar e da água, determinadas nos locais da amostragem. Nota-se que para a temperatura do ar a média do produtor B foi a mais elevada, e para a temperatura da água foram registradas nos produtores H e I.



**Figura 6** – Valores médios das temperaturas do ar (A) e da água (B) em °C, por ocasião das coletas de amostras de água.

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 o gás carbônico (BRANCO, 1986).

Nas Tabelas 9 e 10 são apresentados os valores da temperatura do ar e da água. A temperatura do ar mais elevada foi de 32°C, na terceira coleta do produtor B, que apesar do dia estar relativamente mais quente, a área é desprovida de arborização, facilitando assim a incidência direta da radiação solar. A mais baixa foi de 19°C do produtor D, na primeira e segunda coletas, onde a área é bem arborizada, ressaltando a importância da mata ciliar. Porém, a temperatura da água mais elevada foi do produtor I na terceira coleta, 27°C, e as mais baixas foram do G terceira coletas, do E, segunda e terceira coleta e do C, terceira coleta, onde as temperaturas estavam com 19°C.

**Tabela 10** – Valores da temperatura do ar (°C) por ocasião das coletas das amostras de água.

<b>Produtores</b>	<b>Coleta 1</b>	<b>Coleta 2</b>	<b>Coleta 3</b>	<b>Médias</b>
<b>A</b>	28	21,8	31	26,9
<b>B</b>	31	25	32	29,3
<b>C</b>	31	22	30	27,7
<b>D</b>	19	19	23,5	20,5
<b>E</b>	26	22	22	23,3
<b>F</b>	26	23	18,5	22,5
<b>G</b>	27	25	21	24,3
<b>H</b>	24	26,5	29	26,5
<b>I</b>	22,5	21	29	24,2
<b>J</b>	23	24	30	25,7

**Tabela 11** – Valores da temperatura da água (°C) por ocasião das coletas das amostras.

<b>Produtores</b>	<b>Coleta 1</b>	<b>Coleta 2</b>	<b>Coleta 3</b>	<b>Médias</b>
<b>A</b>	20,5	20,5	22	21
<b>B</b>	24,3	22,5	25	23,9
<b>C</b>	22	21,5	19	20,8
<b>D</b>	22	21	22	21,7
<b>E</b>	22	19	19	20
<b>F</b>	22	22	20,5	21,5
<b>G</b>	21,5	26	19	22,2
<b>H</b>	23,5	25,5	25	24,7
<b>I</b>	25	22	27	24,7
<b>J</b>	22	22	24	22,7

## 6.2 Oxigênio Dissolvido

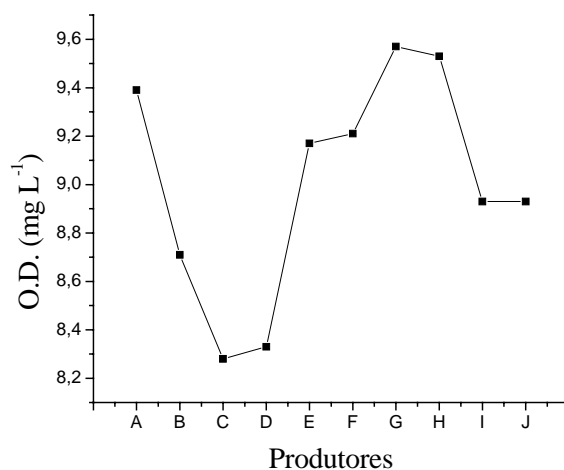
A determinação do Oxigênio Dissolvido (OD) proporciona informações sobre as reações bioquímicas e biológicas que ocorrem na água, além de indicar a capacidade dos corpos de água em promover a sua autodepuração. A concentração do oxigênio dissolvido na água varia em função da temperatura, da altitude 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 pela turbulência provocada por esses fenômenos favorece a oxigenação (BRANCO, 1986 e ZUCCARI, 1992).

O Oxigênio Dissolvido, juntamente com o pH, tem sido apontado como a principal variável na avaliação dos corpos de água (CONTE e LEOPOLDO, 2001).

Na Figura 7, tem-se as médias encontradas entre as coletas para Oxigênio Dissolvido.



**Figura 7** – Valores médios de Oxigênio Dissolvido (mg L<sup>-1</sup>) das amostras de água coletadas.

A Legislação em vigor (Tabela 9) estabelece para o oxigênio dissolvido que o valor não deve ser inferior a 6,0 mg L<sup>-1</sup> para as águas de Classe 1.

Assim, os valores de Oxigênio Dissolvido, encontrados nas análises apresentaram valores compatíveis com a Legislação, sendo todos superiores a 6,0 mg L<sup>-1</sup>, como pode ser observado na Tabela 12.

**Tabela 12** – Valores de Oxigênio Dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) encontrados para as águas nas diversas coletas referentes aos produtores.

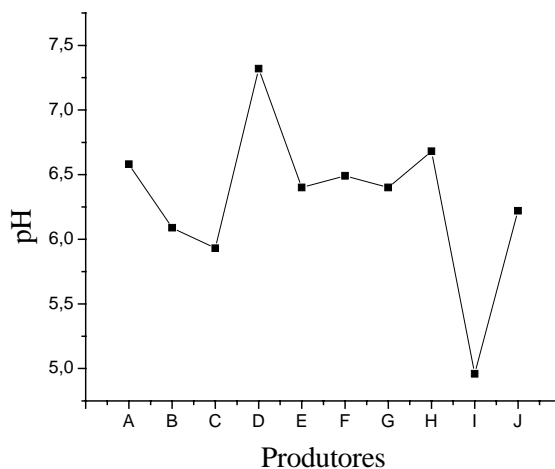
<b>Produtores</b>	<b>Coleta 1</b>	<b>Coleta 2</b>	<b>Coleta 3</b>	<b>Médias</b>
<b>A</b>	9,97	9,44	8,99	9,39
<b>B</b>	9,34	7,91	8,87	8,71
<b>C</b>	8,52	7,91	8,42	8,28
<b>D</b>	7,76	8,1	9,13	8,33
<b>E</b>	10,1	8,42	8,98	9,17
<b>F</b>	9,53	8,93	9,18	9,21
<b>G</b>	9,54	9,99	9,18	9,57
<b>H</b>	10,24	9,13	9,23	9,53
<b>I</b>	9,13	8,73	8,93	8,93
<b>J</b>	9,84	8,63	8,32	8,93

### 6.3 pH

O valor do pH não indica a quantidade de ácidos das amostras de água ou efluentes, indica intensidade de acidez ou de alcalinidade. Os organismos presentes no tratamento biológico dos esgotos são exigentes em relação ao pH, assim é que, normalmente eles se inibem em meio com pH menor que 6 e superior a 9. Nas águas superficiais (rios, lagos) o pH é influenciado por diferentes fatores como a geologia da região, onde o corpo de água se insere e por possíveis fontes de poluição (despejo de efluentes domésticos, industrial ou agrícola).

O pH das águas pode ser alterado pelo despejo de efluentes domésticos e industriais ou pela lixiviação de rochas e da erosão de áreas agrícolas, onde são utilizados corretivos e fertilizantes (CONTE e LEOPOLDO, 2001).

A Figura 8 mostra as médias dos valores de pH das amostras coletadas referentes a cada produtor. De acordo com a Resolução nº 357/05 do CONAMA, os valores de pH devem estar entre 6,0 a 9,0, para águas de Classe 1.



**Figura 8** – Valores médios do pH.

Por influir em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou em processos unitários de tratamento de águas, o pH é um parâmetro importante em muitos estudos no campo do saneamento ambiental.

De acordo com a CETESB (2005), a influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Também o efeito indireto é muito importante podendo, determinadas condições de pH contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados; outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes.

A Tabela 13 mostra o comportamento do pH para todos os produtores, evidenciando os produtores C e principalmente o I (onde foram encontradas as maiores temperaturas da água) que apresentaram os menores valores para o pH, apresentando, portanto, tendência mais ácida.

Assim, conforme as médias realizadas, 80% dos produtores se enquadram nos valores especificados pelo CONAMA.

**Tabela 13** – Valores de pH.

<b>Produtores</b>	<b>Coleta 1</b>	<b>Coleta 2</b>	<b>Coleta 3</b>	<b>Médias</b>
<b>A</b>	6,51	6,54	6,68	6,58
<b>B</b>	6,01	5,89	6,37	6,09
<b>C</b>	7,32	5,2	5,27	5,93
<b>D</b>	7,47	7,11	7,37	7,32
<b>E</b>	6,48	6,38	6,35	6,4
<b>F</b>	6,49	6,59	6,4	6,49
<b>G</b>	6,2	6,22	6,78	6,4
<b>H</b>	6,51	6,9	6,63	6,68
<b>I</b>	5,04	5,02	4,81	4,96
<b>J</b>	6,19	6,35	6,11	6,22

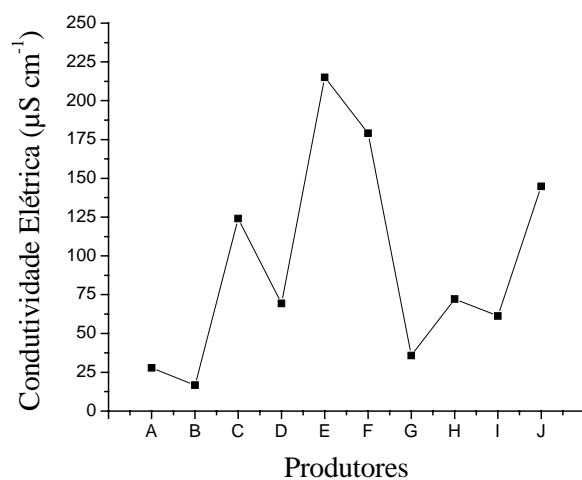
#### 6.4 Condutividade Elétrica

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

Depende das concentrações iônicas e da temperatura, indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a  $100 \mu\text{S cm}^{-1}$  indicam ambientes impactados.

A condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água aumenta. Altos valores podem indicar características corrosivas da água (CETESB, 2005).

A Figura 9 mostra os resultados médios para Condutividade Elétrica obtidos nas coletas dos 10 produtores.



**Figura 9** – Valores médios da Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) das amostras de água coletadas.

A Legislação em vigor não determina valores para a variável CE, porém, a CETESB, orienta no sentido de que quando os valores forem superiores a  $50 \mu\text{S cm}^{-1}$ , deve-se verificar outros fatores (esgoto doméstico, fertilidade do solo da região, utilização de insumos agrícolas, etc.) que podem influenciar os resultados. Os resultados obtidos (Tabela 14) demonstram que os produtores C, D, E, F, H, I e J são aqueles com maior carga de íons em suas águas, devendo então não estar fazendo o manejo adequado da água, assim, apenas 30% dos valores obtidos nas médias estão de acordo com a CETESB.

**Tabela 14** – Valores da Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) encontrados para as águas nas diversas amostras coletadas para diferentes produtores.

Produtores	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Médias
<b>A</b>	29,1	27,3	27,2	27,87
<b>B</b>	20,5	15,54	14,02	16,69
<b>C</b>	121,7	125,8	124,7	124,07
<b>D</b>	75,2	67,1	65,7	69,33
<b>E</b>	210	218	217	215
<b>F</b>	187,2	171,3	178,5	179
<b>G</b>	36,3	33,1	37,8	35,73
<b>H</b>	76,6	69,1	70,9	72,2
<b>I</b>	60,8	61,7	61,4	61,3
<b>J</b>	147,9	138,6	147,8	144,77

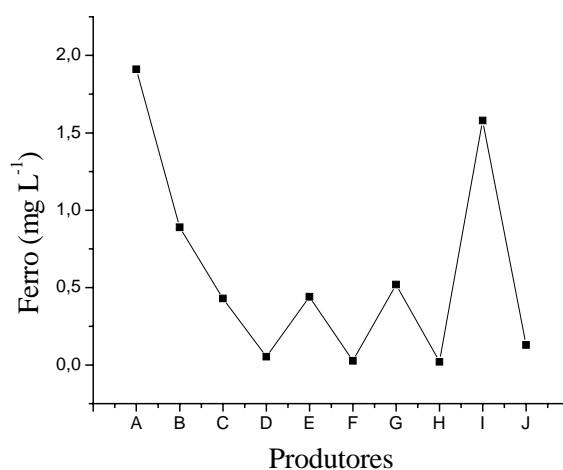
## 6.5 Ferro

A presença do ferro em águas superficiais é atribuída, principalmente, à decomposição de rochas ricas em ferro e nos solos resultantes dessa decomposição. Sendo um elemento abundante na superfície terrestre, é normalmente encontrado nos corpos de água, para onde é transportado, principalmente pelas chuvas, por meio da lixiviação do solo (ESTEVEZ, 1988).

Observando-se os resultados na Tabela 15, verifica-se que apenas 40% das médias analisadas apresentaram valores aceitáveis de ferro, conforme a Legislação, onde o valor máximo permitido para classe 1 deve ser de  $0,3 \text{ mg L}^{-1}$ . Na Figura 10 pode-se visualizar que os produtores A, B, C, E, G e I apresentam valores médios de ferro acima do valor estabelecido para a classe 1.

**Tabela 15** – Valores de Ferro ( $\text{mg L}^{-1}$ ) encontrados para as águas nas diversas amostras coletadas para diferentes produtores.

Produtores	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Médias
<b>A</b>	1,7	2,05	1,98	1,91
<b>B</b>	0,75	0,99	0,93	0,89
<b>C</b>	0,26	0,68	0,35	0,43
<b>D</b>	0,06	0,05	0,05	0,053
<b>E</b>	0,12	0,59	0,62	0,44
<b>F</b>	0,02	0,02	0,04	0,027
<b>G</b>	0,04	0,21	1,32	0,52
<b>H</b>	0,03	0,01	0,02	0,02
<b>I</b>	0,44	1,08	3,22	1,58
<b>J</b>	0,05	0,1	0,24	0,13



**Figura 10** – Valores médios de Ferro ( $\text{mg L}^{-1}$ ) das amostras de água coletadas.

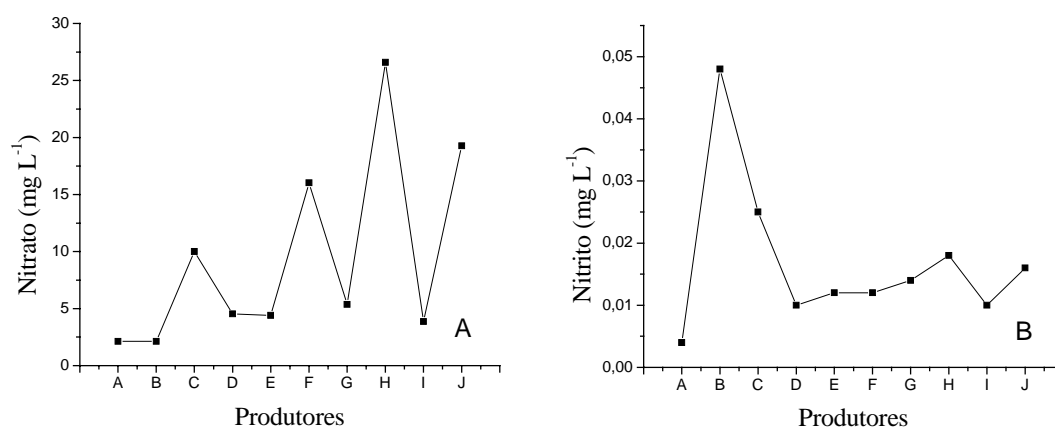
## 6.6 Nitrato e Nitrito

Considerando o nível máximo de nitrato permitido pela Legislação ( $10 \text{ mg L}^{-1}$ ), verificou-se que partes das amostras coletadas apresentaram concentrações

superiores, mas, 70% dos valores estão dentro do padrão estabelecido, a Figura 11A, apresenta os valores médios de Nitrato, onde se observa que as águas dos produtores F, H e J, estão com valores superiores segundo a Resolução n° 357/05 do CONAMA.

Os valores acima do padrão podem ser atribuídos ao uso de fertilizantes nitrogenados na área, na forma de nitrato, já que esta forma é muito utilizada por ser mais estável no solo.

Pode-se observar na Figura 11B, que o maior valor médio encontrado de Nitrito foi para o produtor B, porém, as águas dos demais produtores estão com valores inferiores a  $1,0 \text{ mg L}^{-1}$  que é o valor máximo permitido pela Legislação.



**Figura 11** – Valores médios de Nitrato (A) e Nitrito (B), em  $\text{mg L}^{-1}$  encontrados nas amostras de água coletadas.

Nas Tabelas 16 e 17, respectivamente tem-se os valores de Nitrato e Nitrito, das coletas de cada um dos produtores e as médias encontradas.



**Tabela 16** – Valores de Nitrato ( $\text{mg L}^{-1}$ ) encontrados para as águas nas diversas amostras coletadas para diferentes produtores.

Produtores	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Médias
<b>A</b>	2,6	1,7	2,1	2,13
<b>B</b>	1,4	2,1	2,9	2,13
<b>C</b>	4,7	12,5	12,8	10
<b>D</b>	4,1	5	4,5	4,53
<b>E</b>	5	4,3	3,9	4,4
<b>F</b>	16,5	15,4	16,2	16,03
<b>G</b>	5,7	5,6	4,8	5,37
<b>H</b>	23,3	28,5	28	26,6
<b>I</b>	5	4,6	2	3,87
<b>J</b>	17,7	19,2	20,9	19,27

No sistema digestivo o nitrato é transformado em nitrosaminas, que são substâncias carcinógenas. Crianças com menos de três meses de idade possuem, em seu aparelho digestivo, bactérias que reduzem o nitrato a nitrito. Este se liga muito fortemente a moléculas de hemoglobina, impedindo-as de transportarem oxigênio para as células do organismo. A deficiência em oxigênio leva a danos neurológicos permanentes, dificuldade de respiração e em casos mais sérios à morte por asfixia. Aos seis meses de idade a concentração de ácido hidrolórico aumenta no estômago, matando as bactérias reductoras de nitrato.

Pesquisa realizada pela USEPA (U. S. Environmental Protection Agency) no decorrer do ano de 1992, em todo território norte-americano, constatou que cerca de 75 000 crianças com menos de dez meses de idade estavam expostas ao consumo de água com mais de  $10 \text{ mg L}^{-1}$  de nitrato. No Brasil, não se tem idéia da extensão do problema. Aparentemente, aqui o problema está mais associado a poços poluídos por esgotos domésticos do que ao uso intensivo de fertilizante (MEIO AMBIENTE, 2005).

Porém, levando-se em consideração que o nitrato pode se transformar em nitrito e que o nitrito pode dar origem a substâncias cancerígenas, os produtores devem ser alertados a otimizar o uso de fertilizantes para evitar possíveis problemas de saúde pública.

**Tabela 17** – Valores de Nitrito ( $\text{mg L}^{-1}$ ) encontrados para as águas nas diversas amostras coletadas para diferentes produtores.

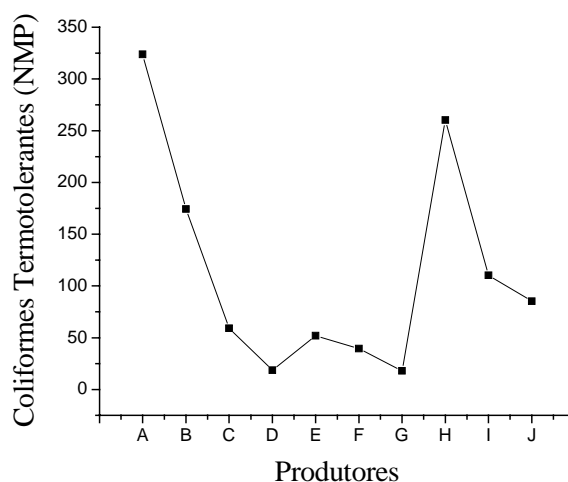
<b>Produtores</b>	<b>Coleta 1</b>	<b>Coleta 2</b>	<b>Coleta 3</b>	<b>Médias</b>
<b>A</b>	0,007	0,003	0,001	0,004
<b>B</b>	-0,003	0,149	-0,002	0,048
<b>C</b>	0,016	0,029	0,03	0,025
<b>D</b>	0,014	0,011	0,006	0,01
<b>E</b>	0,011	0,011	0,013	0,012
<b>F</b>	0,014	0,015	0,008	0,012
<b>G</b>	0,018	0,016	0,008	0,014
<b>H</b>	0,017	0,018	0,018	0,018
<b>I</b>	0,016	0,012	0,002	0,01
<b>J</b>	0,014	0,018	0,016	0,016

## 6.7 Coliformes

As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal e assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos (CETESB, 2005).

As bactérias coliformes termotolerantes reproduzem-se ativamente a  $44,5^{\circ}\text{C}$  e são capazes de fermentar o açúcar. O uso das bactérias coliformes termotolerantes para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo que o uso da bactéria coliforme "total", porque as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente.

Na Figura 12, tem-se os valores médios encontrados para coliformes termotolerantes nas amostras de água coletadas.



**Figura 12** – Valores médios dos Coliformes Termotolerantes (NMP) encontrados nas amostras de água coletadas.

Os Coliformes totais e termotolerantes (fecais) foram encontrados em todas as amostras, porém a Legislação do CONAMA de 2005 não coloca limites para coliformes totais, sendo permitida a presença dos mesmos. Em todas as amostras foram encontrados valores  $>2419,2$  NMP (valor máximo da análise) para coliformes totais.

Já para os coliformes termotolerantes o valor máximo permitido pela Resolução n° 357/05 do CONAMA é de 200 NMP, sendo assim, pode-se observar na Tabela 18 que os produtores A, B, H e I apresentaram valores superiores aos estabelecidos por esta Resolução, mas 80% das médias das análises estão dentro dos padrões do CONAMA.

Como os coliformes termotolerantes existem em grande quantidade nas fezes de animais de sangue quente, quando encontrados na água, indica que a mesma recebeu carga de esgoto doméstico e/ou de adubação orgânica e por isso são impróprias do ponto de vista sanitário para o uso na irrigação por aspersão, podendo conter microorganismos causadores de doenças.

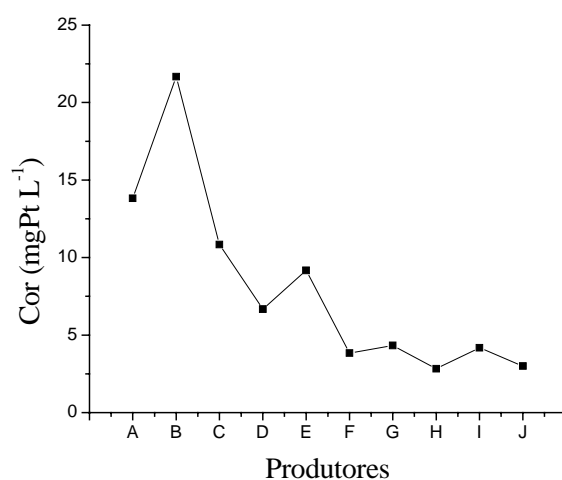
**Tabela 18** – Valores de Coliformes Termotolerantes (NMP) encontrados para as águas nas diversas amostras coletadas para diferentes produtores.

<b>Produtores</b>	<b>Coleta 1</b>	<b>Coleta 2</b>	<b>Coleta 3</b>	<b>Médias</b>
<b>A</b>	344,8	261,3	365,4	323,83
<b>B</b>	325,5	195,6	2	174,37
<b>C</b>	114,5	35,4	27,5	59,13
<b>D</b>	46,4	5,1	4,1	18,53
<b>E</b>	112,6	21,3	21,8	51,9
<b>F</b>	12,2	44,1	62	39,43
<b>G</b>	1	35,4	17,5	17,97
<b>H</b>	648,8	77,6	54,5	260,3
<b>I</b>	46,4	83,3	201,4	110,37
<b>J</b>	6,3	135,4	114,5	85,4

## 6.8 Cor

A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la (e esta redução dá-se por absorção de parte da radiação eletromagnética), devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente materiais em estado coloidal orgânico e inorgânico. Dentre os colóides orgânicos pode-se mencionar os ácidos húmico e fúlvico, substâncias naturais resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas, dentre outros substratos. Também os esgotos sanitários se caracterizam por apresentarem predominantemente matéria em estado coloidal.

Há também compostos inorgânicos capazes de possuir as propriedades e provocar os efeitos de matéria em estado coloidal. Os principais são os óxidos de ferro e manganês, que são abundantes em diversos tipos de solo. Alguns outros metais presentes em efluentes industriais conferem-lhes cor, mas, em geral, íons dissolvidos pouco ou quase nada interferem na passagem da luz. O problema maior de coloração na água, em geral, é o estético já que causa um efeito repulsivo aos consumidores. (CETESB, 2005). Na Figura 13 tem-se os valores médios para a cor.



**Figura 13** – Valores médios da Cor (mgPt L<sup>-1</sup>) encontrados nas amostras de água coletadas.

Para a cor a Resolução n° 357/05 do CONAMA indica que deve ter o nível de cor natural do corpo de água em mgPt L<sup>-1</sup>, para ser potável uma água não deve apresentar nenhuma cor de considerável intensidade. Segundo a OMS o índice máximo permitido deve ser 20 mgPt L<sup>-1</sup> (MEIO AMBIENTE, 2005) para água potável e para águas da classe 2 da Resolução do CONAMA a cor da água deve ser de até 75 mgPt L<sup>-1</sup>.

Apenas o produtor B apresentou uma amostra com valor acima do permitido pela OMS para água potável, como pode-se observar na Tabela 19. As demais amostras de água coletadas não apresentam nenhuma cor de considerável intensidade de acordo com a OMS.

**Tabela 19** – Valores da Cor ( $\text{mgPt L}^{-1}$ ) encontrados para as águas nas diversas amostras coletadas para diferentes produtores.

<b>Produtores</b>	<b>Coleta 1</b>	<b>Coleta 2</b>	<b>Coleta 3</b>	<b>Médias</b>
<b>A</b>	12,5	16,5	12,5	13,83
<b>B</b>	25	20	20	21,67
<b>C</b>	20	5	7,5	10,83
<b>D</b>	7,5	7,5	5	6,67
<b>E</b>	10	7,5	10	9,17
<b>F</b>	2,5	4	5	3,83
<b>G</b>	4	5	4	4,33
<b>H</b>	5	2,5	1	2,83
<b>I</b>	2,5	5	5	4,17
<b>J</b>	4	2,5	2,5	3

## 6.9 Sólidos Totais

Os resultados das variáveis sólidos totais, fixos e voláteis, estão expressos, respectivamente nas Tabelas 20, 21 e 22. Referem-se à quantidade de material que está presente na água.

**Tabela 20** – Valores dos Sólidos Totais ( $\text{mg L}^{-1}$ ) encontrados para as águas nas diversas amostras coletadas para diferentes produtores.

<b>Produtores</b>	<b>Coleta 1</b>	<b>Coleta 2</b>	<b>Coleta 3</b>	<b>Médias</b>
<b>A</b>	84	47	41	57,33
<b>B</b>	41	55	26	40,67
<b>C</b>	108	87	91	95,33
<b>D</b>	65	71	77	71
<b>E</b>	172	177	200	183
<b>F</b>	144	154	134	144
<b>G</b>	67	54	82	67,67
<b>H</b>	99	87	83	89,67
<b>I</b>	59	40	78	59
<b>J</b>	165	151	144	153,33

**Tabela 21** – Valores de Sólidos Totais Fixos ( $\text{mg L}^{-1}$ ) encontrados para as águas nas diversas amostras coletadas para diferentes produtores.

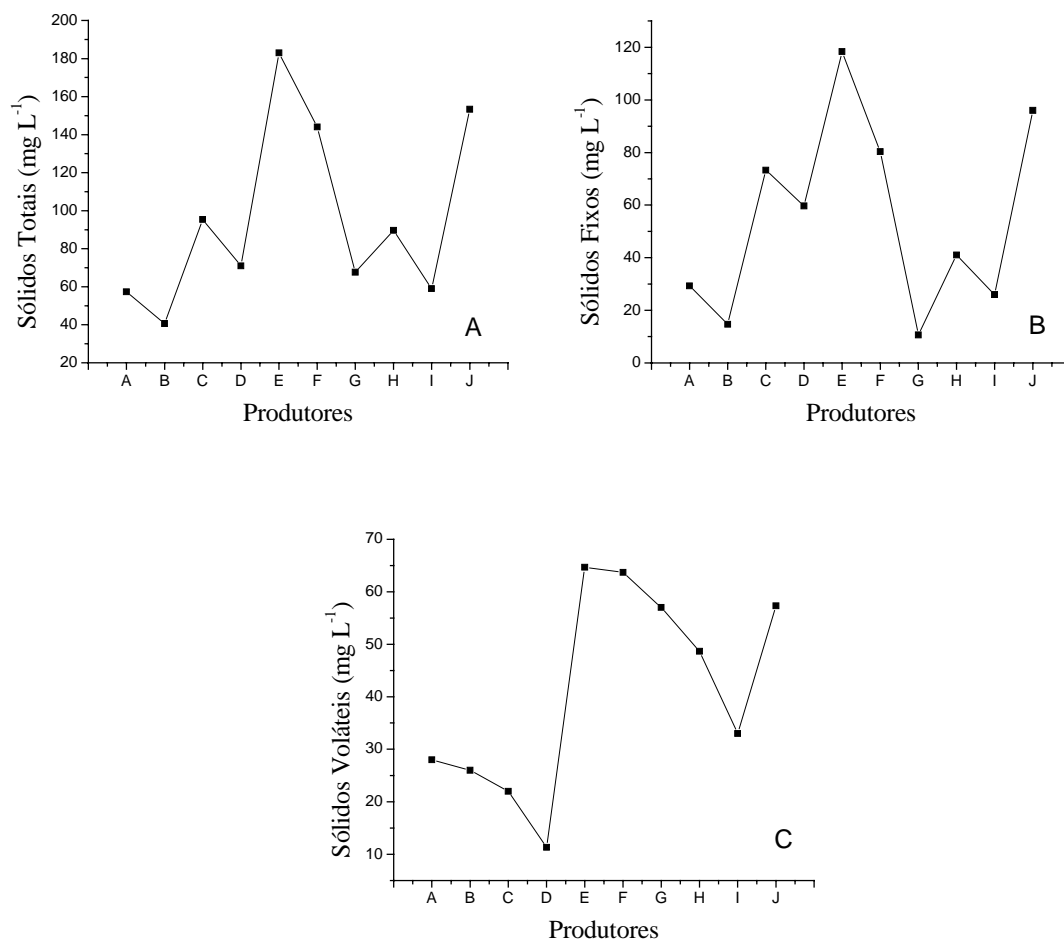
Produtores	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Médias
A	46	47	22	29,33
B	29	6	9	14,67
C	82	71	67	73,33
D	58	56	65	59,67
E	110	113	132	118,33
F	65	79	97	80,33
G	6	15	11	10,67
H	38	40	45	41
I	26	23	29	26
J	83	95	110	96

**Tabela 22** – Valores de Sólidos Totais Voláteis ( $\text{mg L}^{-1}$ ) encontrados para as águas nas diversas amostras coletadas para diferentes produtores.

Produtores	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Médias
A	38	20	19	28
B	12	49	17	26
C	26	16	24	22
D	7	15	12	11,33
E	62	64	68	64,67
F	79	75	37	63,67
G	61	39	71	57
H	61	47	38	48,67
I	33	17	49	33
J	82	56	34	57,33

O valor máximo permitido de sólidos na água de irrigação segundo a Legislação é de  $500 \text{ mg L}^{-1}$ , assim 100% das análises realizadas estão dentro do padrão estabelecido. Entretanto, é interessante destacar que a variável sólidos voláteis demonstram a concentração de material orgânico presente na água, enquanto que os fixos se referem a materiais inorgânicos, geralmente constituintes do solo, que podem acarretar em problemas

aos equipamentos de irrigação. Na Figura 14 tem-se os valores médios dos sólidos totais, fixos e voláteis.



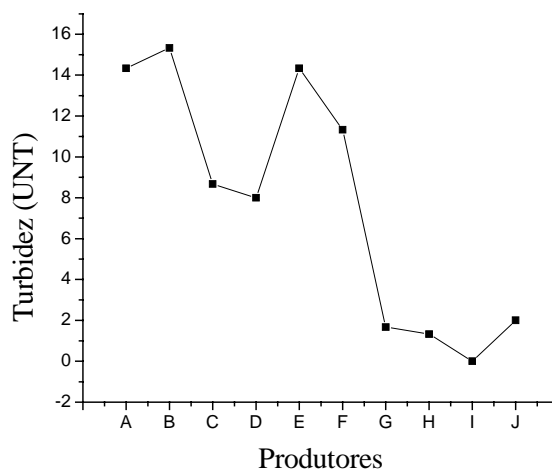
**Figura 14** – Valores médios dos Sólidos Totais (A), Fixos (B) e Voláteis (C), em mg L<sup>-1</sup>.

## 6.10 Turbidez

Para turbidez, como se pode observar na Figura 15, o valor médio máximo encontrado foi de 15,33 UNT para produtor B. A Resolução n° 357/05 do CONAMA



determina para águas de classe 1 até 40 unidades nefelométricas de turbidez (UNT), assim 100% das análises realizadas estão dentro do determinado.



**Figura 15** – Valores médios da turbidez (UNT).

Na Tabela 23 tem-se os valores de turbidez para as coletas 1, 2 e 3 e as médias de cada produtor.

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (e esta redução se dá por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca), devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas e bactérias, plâncton em geral, etc. A erosão das margens dos rios em estações chuvosas é um exemplo de fenômeno que resulta em aumento da turbidez das águas e que exigem manobras operacionais, como alterações nas dosagens de coagulantes e auxiliares, nas estações de tratamento de águas. A erosão pode decorrer do mau uso do solo em que se impede a fixação da vegetação. Este exemplo mostra também o caráter sistêmico da poluição, ocorrendo inter-relações ou transferência de problemas de um ambiente (água, ar ou solo) para outro.

Os esgotos sanitários e diversos efluentes industriais também provocam elevações na turbidez das águas. Um exemplo típico deste fato ocorre em

conseqüência das atividades de mineração, onde os aumentos excessivos de turbidez têm provocado formação de grandes bancos de lodo em rios e alterações no ecossistema aquático (CETESB, 2005).

**Tabela 23** – Valores da Turbidez (UNT).

<b>Produtores</b>	<b>Coleta 1</b>	<b>Coleta 2</b>	<b>Coleta 3</b>	<b>Médias</b>
<b>A</b>	18	15	10	14,33
<b>B</b>	21	11	14	15,33
<b>C</b>	15	5	6	8,67
<b>D</b>	8	5	11	8
<b>E</b>	15	12	16	14,33
<b>F</b>	8	10	16	11,33
<b>G</b>	1	2	2	1,67
<b>H</b>	3	1	0	1,33
<b>I</b>	0	0	0	0
<b>J</b>	1	4	1	2

## 7. CONCLUSÕES

Analisando-se os resultados obtidos e nas condições em que o experimento foi desenvolvido, pode-se concluir que essas águas, de forma geral, encontram-se em condições que poderiam ser definidas como não alarmantes, por não apresentarem valores muito diferentes daqueles estabelecidos pela Legislação, como pode ser visto a seguir:

- Oxigênio Dissolvido, Nitrito, Coliformes Totais, Sólidos Totais e Turbidez, 100% das amostras apresentaram valores dentro dos padrões.
- Para a variável cor, apenas o produtor B, apresentou valor acima do recomendado pela OMS para água potável.
- No caso do pH 80% dos resultados se enquadram nos valores estabelecidos pelo CONAMA, sendo que apenas os produtores C e I, estão fora do padrão.
- Para os coliformes termotolerantes, apenas os produtores A e H apresentam valores acima do permitido, assim estas águas estão impróprias do ponto de vista sanitário, uma vez que as hortaliças

estão sujeitas à contaminação por microorganismos e podem por em risco a saúde da população.

- No caso do ferro, apenas 40% das águas coletadas apresentaram valores que se enquadram na Resolução n° 357/05, os 60% restantes estão com valores acima do estipulado.
- Para o Nitrato, 70% estão de acordo com a Resolução n° 357/05, apesar disso, os outros 30% causam risco para a população.
- Conforme o valor indicado para a Condutividade Elétrica pela CETESB, 30% das médias das coletas apresentam valores dentro do padrão.

Considerando-se os riscos que a qualidade da água utilizada para irrigação de hortaliças consumidas in natura pode causar para a saúde pública, na região de Botucatu, merecem atenção entre os parâmetros avaliados, a presença de coliformes e os níveis de concentração de nitrato nas águas utilizadas, por estarem relacionadas com a incidência de doenças, sendo que, das fontes amostradas 40% delas (produtores A, F, H e J) oferecem algum tipo de risco para a saúde da população, segundo padrão estabelecido pelo CONAMA.

## **8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

*ABEAS. Encontro Nacional: Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável – Agenda 21- Cap. 18. Relatório final. Brasília, ABEAS, 1996. 107p.*

*AMORIM, R. F. C. Transporte de material sólido e assoreamento em reservatórios de pequenas barragens de terra na região central do estado de São Paulo. 1999. 127f. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.*

*ANDRADE, L. Filtração 1: conheça as partículas sólidas que estão na água de irrigação. Avaré: Scarcelli informativo em gotas do Brasil, 1998.*

*APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19.ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, 1995. 1137p.*

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

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES).  
Cadernos de infra-estrutura, n.1 Saneamento Ambiental. Rio de Janeiro, Out., 1998.

BARTH, F. T. et al. **Modelos para gerenciamento de recursos hídricos**. Coleção ABRH de Recursos Hídricos. São Paulo, Ed. NOBEL/ABRH, 1987. 526p.

BERNARDI, C.C. **Reuso de água para Irrigação**. 2003. 52p. Monografia (Especialização *Lato Sensu*, MBA) – ISEA-FGV, Brasília, 2003.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6 Ed. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa, 1995. 657p.

BISCARO, G.A. **Utilização de águas receptoras de efluentes urbanos em sistemas de irrigação localizada superficial e subsuperficial na cultura do alface americana (*Lactuca sativa* L.)**. 2003. 102f. Tese (Doutorado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

BRANCO, S. M. Hidrologia Aplicada à engenharia sanitária. 3ed. São Paulo: CETESB/AsCETESB, 1986. 640p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.357, de 17 de março de 2005. Disponível em:  
<<http://www.mma.gov.br/port/CONAMA/res/res5/res35705.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2005.

BREDA, C.C. **Ensaio de tratamento de efluentes de indústria de chapa dura de fibra de madeira**. 1999, 98f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

BRISCOE, J. Abastecimiento de agua y servicios de saneamiento; su función en la revolución de la supervivencia infantil. **Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana**, v. 103, n.4, p. 325-39, Oct. 1987.

BRISCOE, J., FEACHEM, R. G., RAHAMAN, M. M., **Evaluating health impact; water supply, sanitation, and hygiene education**. Ottawa: Internacional Development Research Centre, 1986. 80p..

CAIRNCROSS, S., FEACHEM, R.G. **Environmental health engineering in the tropics: an introductory text**. 4 ed. Chichester: John Wiley & Sons, 1990. 283p.

CAMPOS, J. R. Uma Abordagem sobre a Desinfecção de esgoto no Brasil. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL – DESINFECÇÃO DE ÁGUAS DE ABASTECIMENTO E RESIDUÁRIAS EM PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO, 1., 1993. **Anais**. Belo Horizonte, Minas Gerais, Belo Horizonte: ABES, 1993. p. 137-167.

CETESB, **Qualidade da água**. Disponível em:  
<<http://www.CETESB.sp.gov.br/Agua/rios/curiosidades.asp>>. Acesso em: 20 out. 2005.

CONTE, M. de L. **Aspectos quantitativos e qualitativos das águas da bacia experimental do rio Pardo – região de Botucatu, SP**. 1999, 157f. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

CONTE, M de L., LEOPOLDO, P. R. **Avaliação de Recursos Hídricos: Rio Pardo, um exemplo**. São Paulo: Editora UNESP, 2001. 141p.

CYNAMON, S. E. Política de Saneamento; proposta de mudança. *Cadernos de saúde pública*, v.2, n.2, p.141-49, abr./jun., 1986.

DEZUANE, J. **Microbiological parameters**. In: Drinking water quality. Chichester: John Wiley, 1997.

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

FEACHEM, R. G. et al. **Sanitation and disease: health aspects of excreta and wastewater management**. Chichester: John Wiley, 1983. 501p.

FREITAS, I.C.C.; PESSANHA, J. E. M.; HELLER, L. Epidemiologia aplicada ao planejamento e à avaliação das ações de saneamento básico. *Revista Bio*, v.3, n.1, p.61-66, jan./mar., 1990.

HELLER, L. **Saneamento e Saúde**. OPAS/OMS Brasília, 2000.

HESPANHOL, I. (1999). **Água e saneamento básico: uma visão realista**. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. Academia Brasileira de Ciências, Inst. de Estudos Avançados/USP. Cap. 8, p.249-303.

HRONCICH, J. A. **Source water quality management**. In: Water quality and treatment. 5 ed. USA, McGraw-Hill Inc. 1999.

HUTTLY, S. R. A. **The impact of inadequate sanitary conditions on health in developing countries**. World Health Statistics Quarterly, v.43, p. 118-26, 1990.

IACOMINI, F. **Os pescados do Brasil: como o Brasil trata suas crianças, segundo o último relatório divulgado pela UNICEF**. Veja, São Paulo, n.1629, 1999.

LANNA, A. E. L. **Gerenciamento de bacia hidrográfica: aspectos conceituais e metodológicos**. Brasília, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1995. 171p.



MACÊDO, J. A. B. **Águas & águas**, São Paulo, 2001. Livraria Varela. 505p.

MANCUSO, P. C. S., SANTOS, H. F., MORITA, D. M. et al. Reuso da água. **Rev. DAE-SABESP**, n. 167, 1992.

MAROUELLI, W.A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R.; Irrigação por Aspersão em Hortaliças/Qualidade da Água, Aspectos do Sistema e Método Prático de Manejo. Embrapa Informações Tecnológicas/Brasília, DF, 2001, 111p.

MATTOS, K. M. C. **Viabilidade da Irrigação com Água Contaminada por Esgoto Doméstico na Produção Hortícola**. 2003, 151f. Tese (Doutorado em Agronomia / Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

Meio ambiente. Disponível em: <<http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/quimica.htm>>. Acesso em: 29 nov. 2005.

PAGANINI, W. S. **Disposição de esgotos no solo (escoamento à superfície)**. São Paulo: Fundo Editorial da AESABESP, 1997. 232p.

PATEMIANI, J.E.S.; PINTO, J.M. **Qualidade da água**. In: MIRANDA, J.H.; PIRES, R.C.M. Irrigação série Engenharia Agrícola. Ed. Piracicaba: FUNEP/SBEA, 2001, v.1, p. 195-253.

PAULA JR., D.R. et al. Avaliação da qualidade da água no meio rural: Propriedades agrícolas produtoras de hortaliças. In: XXIV CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENHERIA SANITÁRIA Y AMBIENTAL, Buenos Aires, Argentina, 1994.

PEREIRA, M. G. **Epidemiologia: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995. 583p.

PRODUTOR vai pagar caro pela água que usa. **Trator e implementos**, v.1, n.1, p.4, 1991.

RAVEN, P.H.; BERG, L.R.; JOHNSON, G.B., Environment. Saunders College Publishing, 1998, 579p.

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.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. Editora Manole LTDA, 1990, primeira edição, 188p.

ROMANE, A. Ainda é tempo (entrevista com Rodolfo Costa e Silva). **Revista Bio**, v.5, n.2, p.31-39, mar./abr., 1993.

ROSEN, G. **Uma história da saúde pública**. São Paulo: HUCITEC, 1994. 423p. (saúde em debate).

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

TUNDISI, J.G. **Água no século XXI: Enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa, IIE, 2003, 247p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 240p.

VON SPERLING, E. **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável na agricultura**. In: Qualidade da água. Programa de suporte técnico à gestão de Recursos Hídricos, Brasília, 1997, p. 89-113.

ZERBINI, A. M. **Estudo da renovação de ovos de helmintos e indicadores bacterianos em um sistema de tratamento de esgotos domésticos por reator anaeróbio e aplicação superficial no solo.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 20, 2000. Anais, Rio de Janeiro – RJ: ABES, 2000, p. 27-36.

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